บทที่ 3

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการของ ดินเหมืองแร่ร้าง กากตะกอนของเสียทั้ง 2 ชนิด และวัสดุปลูก 2 ชนิด พบว่า มีสมบัติดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สมบัติทางเคมีของดินเหมืองแร่ร้าง กากตะกอนของเสีย และวัสดุปลูก

สมบัติ	ดินเหมืองแร่ร้าง	กากตะกอนของเสีย		วัสดุปลูก	
		ใช้อากาศ	ไม่ใช้อากาศ	ขุยมะพร้าว	แกลบเผา
pH (1:5)	5.10	5.72	5.29	4.29	8.26
C/N ratio	-	10.37	10.50	74.00	12.00
ECe (dS m^{-1})	0.11	83.00	103.00	3.56	1.23
Ammonium (mg kg^{-1})	24.52	1,470.50	3,064.46	408.00	240.32
Nitrate (mg kg^{-1})	29.22	1,470.75	6,674.15	817.36	318.21
Total N (g kg^{-1})	0.06	19.90	23.40	3.60	0.82
Available P (mg kg^{-1})	6.42	3,081.89	2,834.43	434.11	423.88
Exchangeable K (cmol(+)kg^{-1}	0.03	17.52	12.66	15.32	1.23
Exchangeable Na (cmol(+)kg^{-1})	0.21	16.00	21.35	0.70	0.56
Exchangeable Ca (cmol(+)kg^{-1})	0.41	23.00	17.50	4.10	4.69
Exchangeable Mg (cmol(+)kg^{-1})	0.14	9.44	15.73	5.34	2.19
Available S (mg kg^{-1})	41.06	4,374.59	4,735.50	279.57	160.80
Organic Matter (g kg^{-1})	1.00	356.00	423.70	455.70	16.10
CEC (cmol kg^{-1})	0.98	35.90	34.72	24.34	5.07

1. การทดลองเพื่อหาวิธีให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้

1.1 การศึกษาสมบัติของกากตะกอนของเสีย

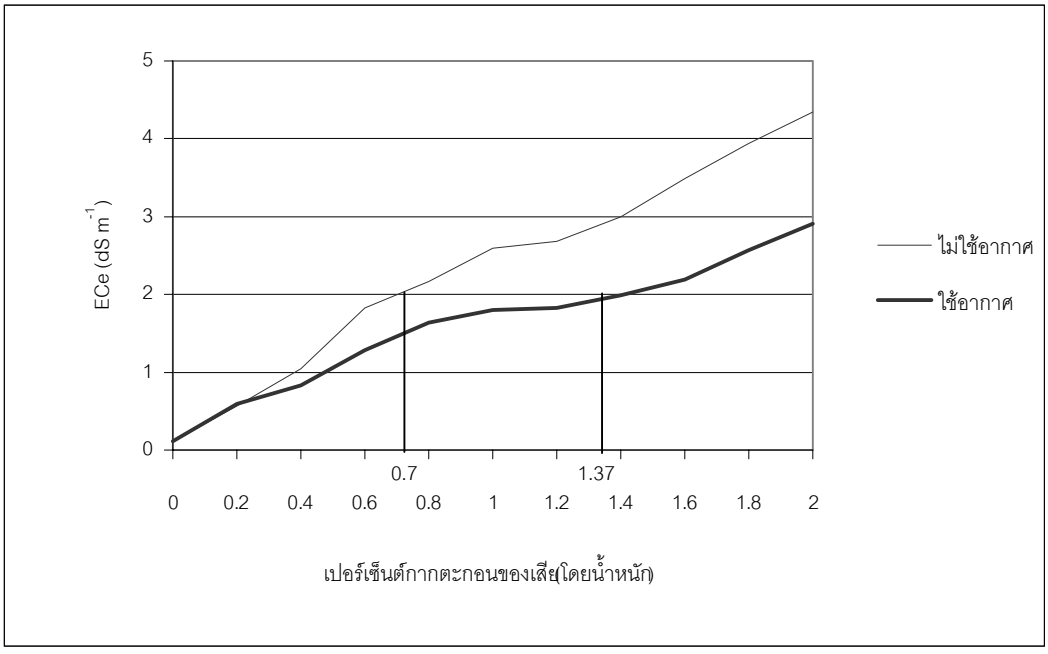
เป็นการทดลองก่อนการทำการทดลองจริงเพื่อหาวิธีให้ข้าวโพดหวานสามารถเจริญเติบโตได้ในดินผสม ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของกากตะกอนของเสียสูงมาก ดังนั้นจึงมีความ

จำเป็นต้องศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างกากตะกอนของเสียกับดินเหมืองแร่ร้าง ที่ทำให้ข้าวโพดหวานสามารถเจริญเติบโตได้

ผลการศึกษา พบว่า ดินเหมืองแร่ร้างนั้นสามารถผสมกับกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศและกากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศเป็น 1.37 และ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ โดยคาดว่าพืชปลูกในดินผสมสามารถเจริญเติบโตได้ เนื่องจากค่าการนำไฟฟ้าของดิน ไม่เกิน 2 dS m^{-1} (ภาพที่ 1)

1.2 ทดลองปลูกข้าวโพดหวานตามอัตราส่วนดินผสมในหัวข้อ 1.1

ผสมกากตะกอนของเสียตามอัตราส่วนที่ได้ศึกษาไว้ในหัวข้อ 1.1 จากนั้นทำการปลูกข้าวโพดหวาน จากการศึกษา พบว่า ทุกสิ่งทดลองข้าวโพดหวานไม่งอก (ตารางที่ 8) อาจจะเนื่องจากหลังจากปลูกข้าวโพดหวานและรดน้ำให้ความชื้น พบว่า ในกระถางนั้นมีอุณหภูมิสูง และมีกลิ่นเหม็นอย่างรุนแรง ซึ่งกลิ่นดังกล่าวเป็นผลมาจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟร์ (H_2S), และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งปลดปล่อยมาจากการสลายตัวของอินทรียสารที่อยู่ในกากตะกอนของเสีย ก๊าซเหล่านั้นทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานไม่งอก อีกทั้งสังเกตเห็นเชื้อรา ซึ่งเจริญเติบโตบนกากตะกอนของเสียที่ใส่ลงไป ทำให้เมื่อปลูกข้าวโพดหวานเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานถูกเชื้อราทำลาย และเมล็ดพันธุ์เน่า ดังนั้นเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานจึงไม่สามารถงอกได้



ภาพที่ 1 ค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส ของส่วนผสมระหว่างดินเหมืองแร่ร้างกับกากตะกอนของเสียทั้ง 2 ชนิด

ตารางที่ 8 ผลการทดลองปลูกข้าวโพดหวานเมื่อผสมกากตะกอนของเสียในอัตราที่ ค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส ของดินประมาณ 2 dS m^{-1}

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	กากตะกอนของเสีย (%)		ความงอก (%)
		ใช้อากาศ	ไม่ใช้อากาศ	
1	ดิน + กากตะกอน	1.37	-	0.00
2	ดิน + กากตะกอน	-	0.7	0.00

1.3 จากการทดลองใน 1.2 จึงได้แนวคิดว่าน่าจะมีการใส่วัสดุปลูก เพื่อช่วยในการดูดความเค็ม อีกทั้งช่วยในการอุ้มน้ำ เนื่องจากดินที่ใช้ทดลองเป็นดินเหมืองแร่ร้างซึ่งเป็นดินทราย และเนื่องจากในศึกษาหัวข้อ 1.2 ไม่ได้หมักดินผสมดังนั้นในการทดลองนี้จึงคิดว่าน่าจะมีการหมักดินผสมก่อนการปลูก และจากการศึกษาการทำปุ๋ยหมักจากขยะเทศบาลของ สุภาพร และ เมธี (2543) พบว่า ใช้ระยะเวลาในการหมัก ประมาณ 40 วัน เมธี (2542) รายงานว่า วัสดุปลูกหรือปุ๋ยหมักที่มี C/N ratio สูงกว่า 20 : 1 จะเริ่มมีการย่อยสลายอีกครั้งเมื่อใส่ลงในดิน ดังนั้นจึงต้องทิ้งไว้ประมาณ 2-3 สัปดาห์ก่อนหว่านเมล็ดพันธุ์หรือปลูกพืช สุดา (2533) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ควรคลุกกับดินให้เข้ากันมากที่สุด และต้องทิ้งไว้เป็นเวลา 1-2 เดือน เพื่อให้เน่าเปื่อยผุผัง และเป็นประโยชน์ต่อพืชปลูกที่สุด ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงหมักดินผสมไว้ประมาณ 6 สัปดาห์ก่อนที่จะปลูกข้าวโพดหวาน และมีการใส่กากตะกอนของเสียระดับ 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เพื่อทดลองหาวัสดุปลูกที่เหมาะสม ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 9 พบว่า สิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมขุยมะพร้าวและแกลบเผา เมื่อศึกษาความสูงเฉลี่ยที่ 4 สัปดาห์จะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ดังนั้นวัสดุปลูกที่เหมาะสมคือขุยมะพร้าวและแกลบเผา ซึ่งจะใช้เป็นวัสดุปลูกสำหรับศึกษาและทำการทดลองในหัวข้อ 2 และ 3 ต่อไป

จากการศึกษาในหัวข้อ 1.3 พบว่า ดินผสมระหว่างดินเหมืองแร่ร้าง กากตะกอนของเสีย และวัสดุปลูก (ขุยมะพร้าว และแกลบเผา) ข้าวโพดหวานสามารถเจริญเติบโตได้ดี ดังนั้นจึงนำผลดังกล่าวมาปรับใช้ต่อโดยมีแนวคิดว่า ถ้าหากเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของวัสดุปลูกให้สูงขึ้น จะเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเหมืองแร่ร้าง และลดความเค็มของกากตะกอนลงทำให้สามารถเพิ่มระดับของกากตะกอนของเสียให้สูงขึ้นได้ด้วย ซึ่งจะทำให้มีธาตุอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานเป็นระยะเวลายาวนานขึ้น อีกทั้งจากการศึกษาการใช้ขุยมะพร้าวในการปรับปรุงดินเหมืองแร่ร้างของ พนม (2537) พบว่า การใส่ขุยมะพร้าวที่ระดับ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ไม่ทำ

ให้น้ำหนักแห้งของหญ้าพลิแคททูลั่มแตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษาในหัวข้อ 2 และ 3 จึงผสมวัสดุปลูก 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และหมักดินผสมไว้ประมาณ 6 สัปดาห์ก่อนทดลองปลูกข้าวโพดหวาน

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยของความสูงต้นข้าวโพดหวานแต่ละสัปดาห์เมื่อปลูกในสิ่งทดลองต่าง ๆ ที่ผ่านการหมักมาแล้ว 6 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ความสูง (เซนติเมตร)			
	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์
1	16.0	30.0	30.0	32.0
2	17.0	31.0	52.0	62.0
3	19.0	34.0	49.0	70.0
4	22.0	37.0	56.0	75.0*
5	19.0	32.0	60.0	80.0**
6	14.0	18.0	-	-
7	16.0	24.0	39.0	58.0
8	19.0	28.0	36.0	63.0*
9	17.0	26.0	37.0	62.0**
10	19.0	29.5	40.0	63.0
11	20.0	31.0	38.0	65.0
12	19.0	30.0	40.0	70.0*
13	19.0	30.0	47.0	74.0**
14	10.0	12.0	-	-
15	16.0	27.0	31.0	45.0
16	18.0	24.0	30.0	62.0*
17	20.0	27.0	40.0	65.0**

* คือสิ่งทดลองกลุ่มที่มีค่าความสูงเฉลี่ยที่ 4 สัปดาห์อยู่ในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดและระดับเดียวกัน และเป็นสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมแกลบเผา

** คือสิ่งทดลองกลุ่มที่มีค่าความสูงเฉลี่ยที่ 4 สัปดาห์อยู่ในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดและระดับเดียวกัน และเป็นสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมขุยมะพร้าว

\- ข้าวโพดหวานตาย

2. การศึกษาถึงความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหาร

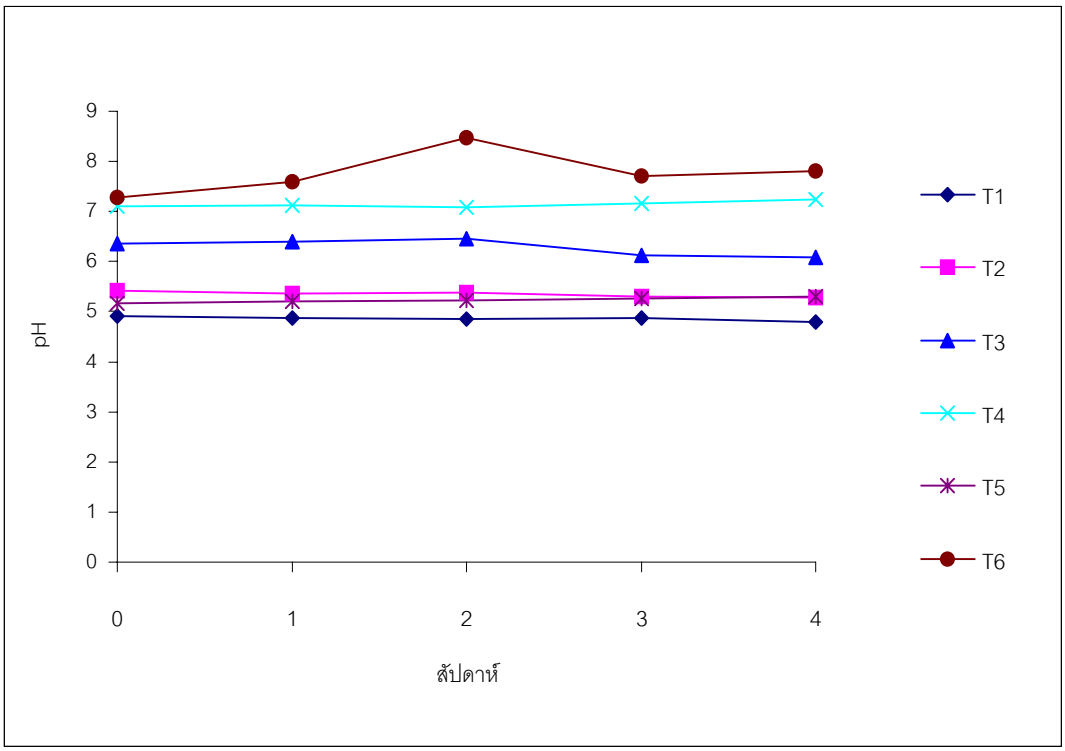
2.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

จากการศึกษาค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสิ่งทดลองต่าง ๆ (ตารางที่ 5) และการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (ตารางที่ 10 และภาพที่ 2) พบว่า สิ่งทดลองที่ 1, 2, 3 และ 5 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่าอื่น ๆ จากการศึกษาของ Shahandeh และคณะ (1992) โดยศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน Dothan และ Tifton เมื่อใส่ Nutrasweet sludge พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่วัดได้ลดลงตลอดระยะเวลาการหมัก ส่วนในสิ่งทดลองที่ 4 และ 6 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่วัดได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากดินเหมืองแร่ร้างมีสภาพเป็นกรด และแกลบเผามีสภาพเป็นด่าง

ตารางที่ 10 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในสิ่งทดลองต่าง ๆ เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลง (ค่าเฉลี่ย ± ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	pH				
		สัปดาห์ 0	สัปดาห์ 1	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 3	สัปดาห์ 4
1	S	4.91±0.10 ^{f}	4.87±0.04 ^{f}	4.85±0.07 ^{f}	4.88±0.04 ^{e}	4.80±0.10 ^{e}
2	S + 2%Wa	5.42±0.07 ^{d}	5.37±0.06 ^{d}	5.39±0.06 ^{d}	5.31±0.09 ^{d}	5.29±0.09 ^{d}
3	S + C	6.35±0.08 ^{c}	6.39±0.08 ^{c}	6.45±0.08 ^{c}	6.12±0.07 ^{c}	6.08±0.09 ^{c}
4	S + H	7.10±0.09 ^{b}	7.13±0.07 ^{b}	7.09±0.02 ^{b}	7.16±0.05 ^{b}	7.23±0.05 ^{b}
5	S + C + 2%Wa	5.17±0.05 ^{e}	5.20±0.04 ^{e}	5.22±0.04 ^{e}	5.27±0.03 ^{d}	5.30±0.03 ^{d}
6	S + H + 2%Wa	7.27±0.07 ^{a}	7.60±0.08 ^{a}	8.48±0.04 ^{a}	7.70±0.07 ^{a}	7.80±0.05 ^{a}
	C.V.(%)	1.26	1.02	0.89	0.99	1.14

ตัวอักษร $^{a, b, c, d, e, f}$ ที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 2 ค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ระยะเวลาต่าง ๆ

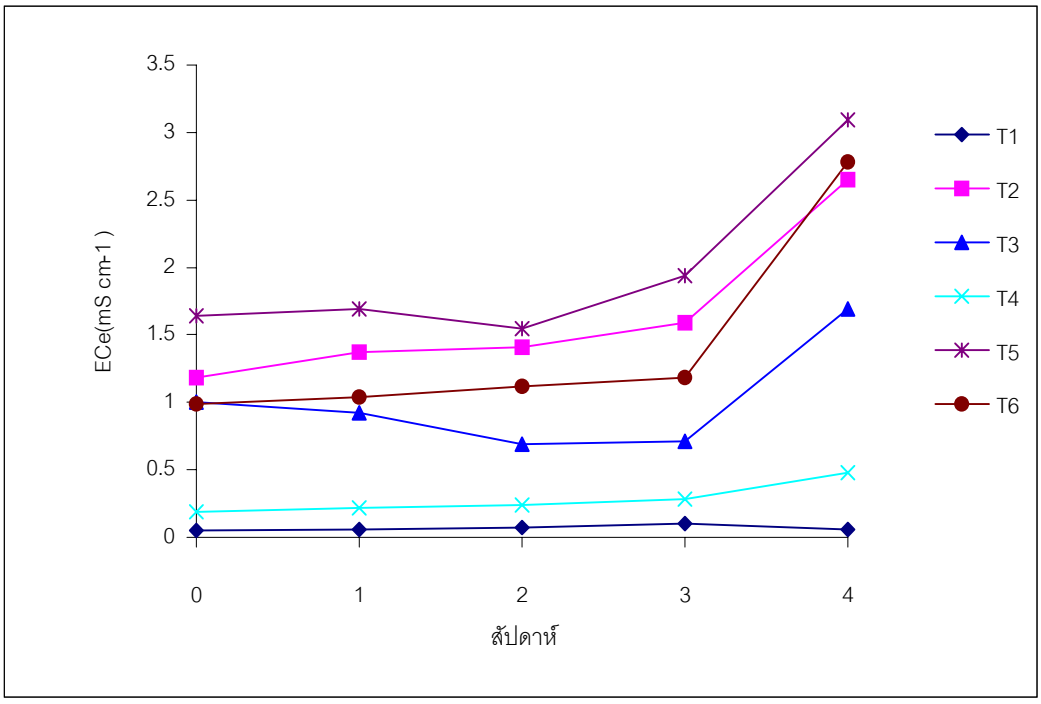
2.2 ค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส

ในสิ่งทดลองต่าง ๆ (ตารางที่ 5) พบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 11 และภาพที่ 3) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกสิ่งทดลอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสิ่งทดลองที่ 2, 5 และ 6 ค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเนื่องจากเป็นสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสีย ซึ่งกากตะกอนของเสียดังกล่าวมีการปลดปล่อยธาตุอาหารมาสะสมในดินผสม โดยเฉพาะธาตุอาหารกลุ่มที่เป็นเกลือที่ละลายน้ำได้โดยเฉพาะโซเดียมที่มีอยู่มากในกากตะกอนของเสียทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก Epstein และคณะ (1976) ศึกษาการผสมของเสียชุมชนลงในดิน Aquic Hapludults เพื่อใช้ในการปลูกข้าวโพด พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของดินจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของกากตะกอนของเสียที่เพิ่มขึ้น และระยะเวลาการทดลองที่เพิ่มขึ้น ค่าการนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นนั้นเนื่องมาจากการละลายของโซเดียมที่พบมากในอินทรียวัตถุเหลือใช้ หรือกากตะกอนของเสียที่ใส่ (Navarro Pedreno *et al.*, 1996)

ตารางที่ 11 ค่าของการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสในสิ่งทดลองต่าง ๆ เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลง (ค่าเฉลี่ย ± ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	การนำไฟฟ้า (dS m^{-1})				
		สัปดาห์ 0	สัปดาห์ 1	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 3	สัปดาห์ 4
1	S	0.05±0.01 ^{e}	0.06±0.01 ^{f}	0.07±0.01 ^{f}	0.10±0.01 ^{f}	0.07±0.00 ^{f}
2	S + 2%Wa	1.18±0.05 ^{b}	1.37±0.03 ^{b}	1.41±0.04 ^{b}	1.59±0.03 ^{b}	2.65±0.02 ^{c}
3	S + C	1.00±0.07 ^{c}	0.92±0.03 ^{d}	0.69±0.03 ^{d}	0.71±0.02 ^{d}	1.69±0.03 ^{d}
4	S + H	0.19±0.02 ^{d}	0.22±0.04 ^{e}	0.24±0.01 ^{a}	0.28±0.02 ^{e}	0.48±0.02 ^{a}
5	S + C + 2%Wa	1.64±0.08 ^{a}	1.69±0.07 ^{a}	1.55±0.03 ^{a}	1.94±0.03 ^{a}	3.09±0.03 ^{a}
6	S + H + 2%Wa	0.99±0.06 ^{c}	1.04±0.06 ^{c}	1.12±0.03 ^{c}	1.18±0.02 ^{c}	2.78±0.04 ^{b}
	C.V.(%)	6.34	4.73	2.84	1.97	1.27

ตัวอักษร $^{a, b, c, d, e, f}$ ที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

2.3 ไนโตรเจน

จากการศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจน (mineralization) ในสิ่งทดลองต่าง ๆ ซึ่งแสดงในตารางที่ 5 พบว่า ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะปลดปล่อยมากที่สุดหลังจากบ่มไว้ 1 สัปดาห์ (ตารางที่ 12 และภาพที่ 4) หลังจากนั้น การปลดปล่อยไนโตรเจนจะลดลง (แต่ละสัปดาห์ไนโตรเจนเพิ่มน้อยกว่าสัปดาห์ที่ 1) Epstein และคณะ (1978) พบว่า การปลดปล่อยไนโตรเจนของกากตะกอนของเสียที่ย่อยสลายแล้ว (digested sludge) มีค่าการปลดปล่อยมากสุดเมื่อประมาณ 1 สัปดาห์ สอดคล้องกับการศึกษาของ จำเป็น (2535) ศึกษาถึงผลของการใช้ฮิวมัสจากโรงงานผงชูรสต่อสมบัติบางประการและธาตุอาหารในชุดดินตาคลี เป็นการทดลองบ่มในห้องปฏิบัติการ พบว่าหลังจากใส่ฮิวมัสต้องใช้เวลาอย่างน้อยประมาณ 1 สัปดาห์จึงจะทำให้ไนโตรเจนในฮิวมัสเปลี่ยนเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และพบว่าสิ่งทดลองที่ 3 (S +C) และสิ่งทดลองที่ 4 (S +H) มีการปลดปล่อยไนโตรเจนลดลงในสัปดาห์ที่ 2 ส่วนในสัปดาห์ที่ 3 พบว่าสิ่งทดลองที่ 5 (S + C + 2%Wa) และสิ่งทดลองที่ 6 (S + H + 2%Wa) การปลดปล่อยไนโตรเจนจะมีค่าลดต่ำลงจากสัปดาห์ที่ 2 อาจจะเนื่องจากมีการผสมวัสดุปลูกซึ่งมี C/N ratio สูง ซึ่งเกิดการนำไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชไปใช้โดยจุลินทรีย์ดิน (immobilization) ไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้จึงมีค่าต่ำลง เช่นเดียวกันกับ Coutinho และคณะ (1997) ซึ่งรายงานว่าขี้เลื่อย เป็นอินทรียวัสดุเหลือใช้ที่มี C/N ratio สูง และมีเยื่อใยสูงทำให้มีการย่อยสลายช้า และการย่อยสลายต้องใช้ไนโตรเจนมาก ทำให้ช่วงแรก ๆ ของการปลูกพืชจะแสดงอาการขาดไนโตรเจน ส่วนในสิ่งทดลองที่ 2 (S + 2%Wa) พบว่า ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์จะเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการหมัก เนื่องจากเป็นสิ่งทดลองกลุ่มที่ไม่ผสมวัสดุปลูก

2.4 ฟอสฟอรัส

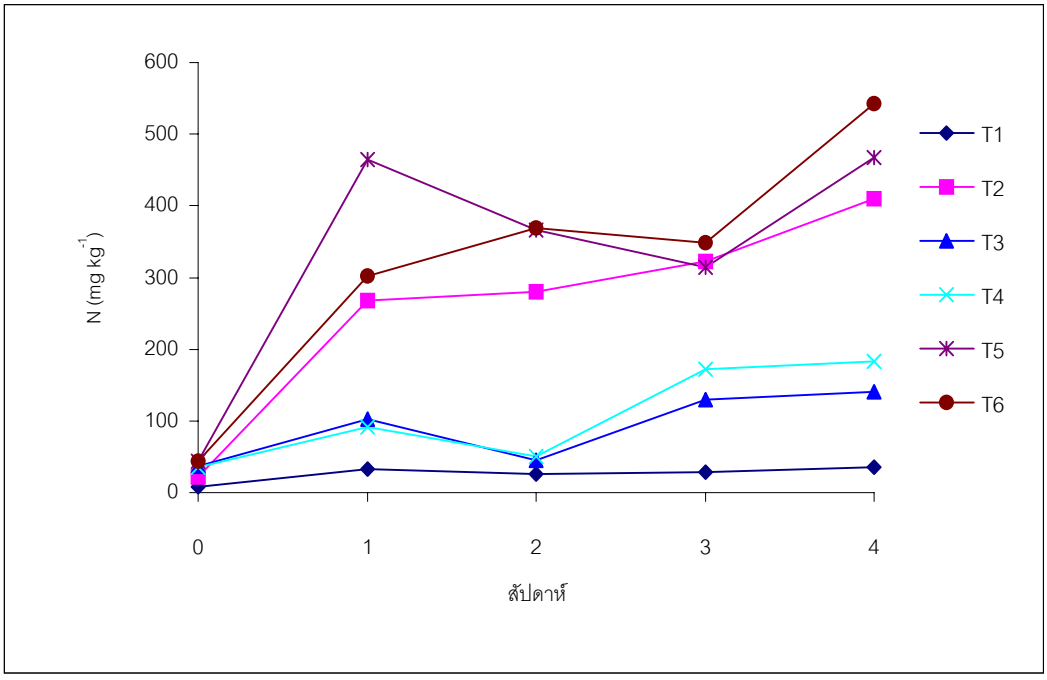
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในระยะเวลาต่าง ๆ ของสิ่งทดลอง (ตารางที่ 5) พบว่า ทุกสิ่งทดลองเมื่อเวลาผ่านไป ฟอสฟอรัสที่วัดได้มีค่าเพิ่มขึ้น โดยในสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสีย (สิ่งทดลองที่ 2, 5 และ 6) นั้นค่าของฟอสฟอรัสที่วัดได้มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ผสมกากตะกอนของเสีย (สิ่งทดลองที่ 1, 3 และ 4) (ตารางที่ 13 และภาพที่ 5) เนื่องจากกากตะกอนของเสียที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ค่อนข้างสูง Epstein และคณะ (1976) รายงานว่าฟอสฟอรัสมีค่าสูงขึ้นเมื่อระดับของกากตะกอนของเสียที่ใส่มากขึ้น ทั้งในกากตะกอนของเสียที่ย่อยสลายแล้ว และกากตะกอนของเสียที่ยังย่อยสลายไม่สมบูรณ์ แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า สิ่งทดลองที่ 6 ซึ่งผสมแกลบเผานั้นแม้ว่าเปอร์เซ็นต์กากตะกอนของเสียจะเท่ากับสิ่งทดลองอื่น ๆ (สิ่งทดลองที่ 2 และสิ่งทดลองที่ 5) แต่ค่าฟอสฟอรัสที่วัดได้มีค่ามากที่สุด เนื่องจากค่าความเป็นกรดเป็นด่างในสิ่ง

ทดลองที่ 6 นั้นค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน มีค่าที่เหมาะสมต่อการปลดปล่อยฟอสฟอรัส สุวรรณ (2541) รายงานว่า ฟอสฟอรัสจะมีการปลดปล่อยและเป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุดก็ต่อเมื่อดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6-7

ตารางที่ 12 ค่าของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในสิ่งทดลองต่าง ๆ เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลง (ค่าเฉลี่ย ± ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	ไนโตรเจน (mg kg^{-1})				
		สัปดาห์ 0	สัปดาห์ 1	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 3	สัปดาห์ 4
1	S	7.74±0.06^{d}	32.41±1.22^{e}	26.39±1.33^{d}	29.39±2.48^{e}	35.73±1.33^{f}
2	S + 2%Wa	22.21±0.29^{c}	267.74±7.46^{c}	279.49±5.68^{b}	322.58±7.20^{b}	410.18±10.04^{c}
3	S + C	36.53±0.79^{b}	102.49±7.11^{d}	44.94±4.63^{c}	130.91±6.11^{d}	141.86±6.38^{e}
4	S + H	35.41±0.41^{b}	91.17±4.08^{d}	51.39±4.60^{c}	172.01±3.36^{c}	184.24±9.28^{d}
5	S + C + 2%Wa	43.41±0.78^{a}	465.38±10.84^{a}	365.85±5.20^{a}	314.38±4.74^{b}	466.10±10.66^{b}
6	S + H + 2%Wa	43.09±0.99^{a}	302.77±7.48^{b}	368.73±11.58^{a}	347.96±6.99^{a}	544.64±6.67^{a}
	C.V.(%)	2.04	3.35	3.32	2.49	2.71

ตัวอักษร $^{a, b, c, d, e, f}$ ที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

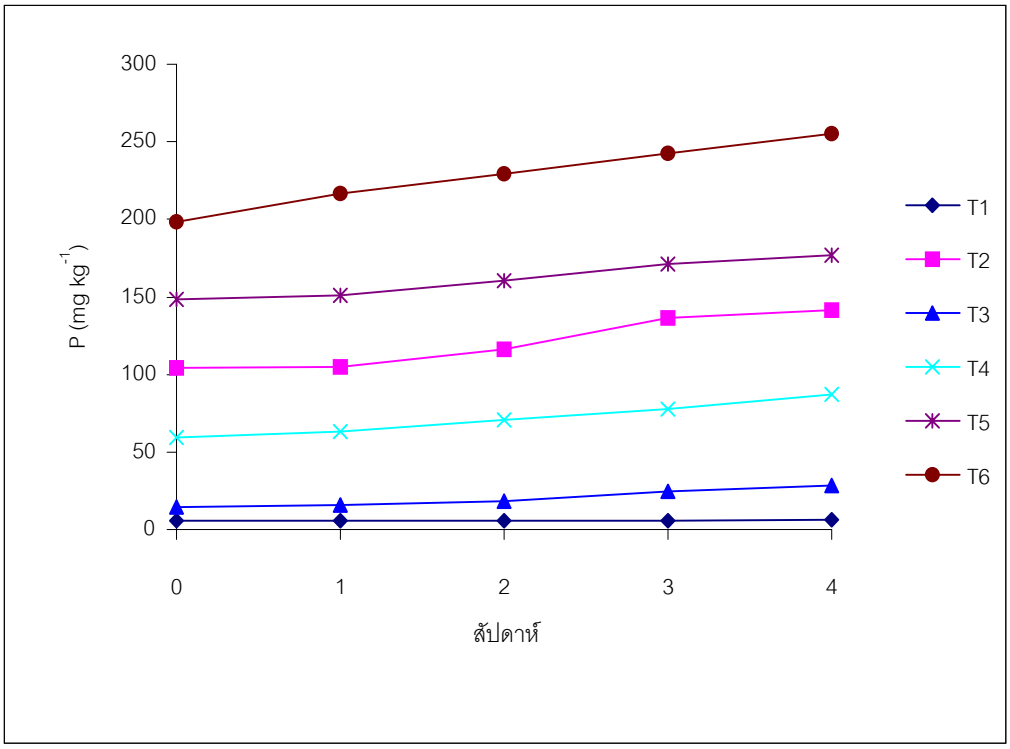


ภาพที่ 4 ค่าการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ตารางที่ 13 ค่าของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในสิ่งทดลองต่าง ๆ เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลง (ค่าเฉลี่ย ± ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	ฟอสฟอรัส (mg kg^{-1})				
		สัปดาห์ 0	สัปดาห์ 1	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 3	สัปดาห์ 4
1	S	5.53±0.14 ^{e}	5.61±0.15 ^{f}	5.77±0.13 ^{f}	5.81±0.15 ^{f}	6.07±0.18 ^{f}
2	S + 2%Wa	105.82±5.90 ^{c}	105.38±5.89 ^{c}	116.99±8.66 ^{c}	136.82±8.55 ^{c}	141.09±8.78 ^{c}
3	S + C	14.30±0.71 ^{e}	15.64±0.52 ^{e}	18.65±0.85 ^{e}	24.67±0.83 ^{e}	28.22±1.34 ^{e}
4	S + H	59.76±5.98 ^{d}	63.41±1.04 ^{d}	70.80±0.77 ^{d}	77.55±1.55 ^{d}	87.04±3.33 ^{d}
5	S + C + 2%Wa	148.17±6.43 ^{b}	150.76±5.01 ^{b}	159.79±4.95 ^{b}	171.08±8.54 ^{b}	177.55±11.87 ^{b}
6	S + H + 2%Wa	197.95±11.84 ^{a}	216.06±6.28 ^{a}	229.39±10.70 ^{a}	241.82±10.40 ^{a}	255.22±12.28 ^{a}
	C.V.(%)	7.32	4.41	5.98	5.97	6.88

ตัวอักษร $^{a, b, c, d, e, f}$ ที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 5 ค่าการเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

2.5 โพแทสเซียม

โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ของสิ่งทดลอง (ตารางที่ 5) พบว่าสิ่งทดลองที่ผสมขุยมะพร้าว และสิ่งทดลองที่ผสมกากตะกอนของเสีย (สิ่งทดลองที่ 2, 3, 5 และ 6) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการหมัก (ตารางที่ 14 และภาพที่ 6) อาจจะเนื่องมาจากความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมที่มีอยู่มากในขุยมะพร้าว (15.32 cmol(+) kg^{-1}) (ตารางที่ 7) และในกากตะกอนของเสียที่ใช้ในการศึกษา (17.52 cmol(+)kg^{-1} (ตารางที่ 7) ทำให้ตลอดระยะเวลาการหมักโพแทสเซียมจากสิ่งดังกล่าวค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงเป็นโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

ตารางที่ 14 ค่าของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในสิ่งทดลองต่าง ๆ เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลง (ค่าเฉลี่ย ± ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

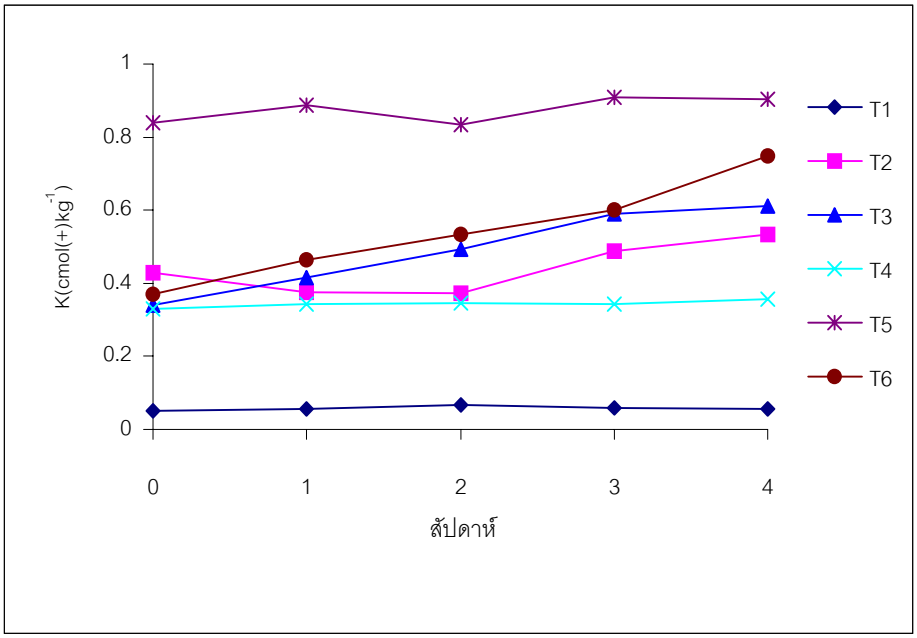
สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	โพแทสเซียม (cmol(+)kg^{-1}				
		สัปดาห์ 0	สัปดาห์ 1	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 3	สัปดาห์ 4
1	S	0.05±0.01 ^{d}	0.06±0.01 ^{e}	0.07±0.01 ^{e}	0.06±0.01 ^{e}	0.06±0.01 ^{f}
2	S + 2%Wa	0.43±0.01 ^{b}	0.38±0.02 ^{cd}	0.37±0.01 ^{c}	0.49±0.04 ^{c}	0.53±0.03 ^{d}
3	S + C	0.34±0.02 ^{c}	0.42±0.03 ^{c}	0.49±0.04 ^{b}	0.59±0.06 ^{b}	0.61±0.05 ^{c}
4	S + H	0.33±0.03 ^{c}	0.34±0.02 ^{d}	0.35±0.01 ^{c}	0.34±0.02 ^{d}	0.36±0.02 ^{e}
5	S + C + 2%Wa	0.84±0.03 ^{a}	0.89±0.03 ^{a}	0.83±0.03 ^{a}	0.91±0.04 ^{a}	0.90±0.03 ^{a}
6	S + H + 2%Wa	0.37±0.04 ^{c}	0.46±0.04 ^{b}	0.53±0.04 ^{b}	0.60±0.03 ^{b}	0.75±0.03 ^{b}
	C.V.(%)	6.25	5.94	5.85	6.84	5.60

ตัวอักษร $^{a, b, c, d, e, f}$ ที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สรุปผลจากการศึกษาถึงความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหาร และสมบัติทางเคมีบางประการของกากตะกอนของเสีย พบว่า เมื่อระยะเวลาของการหมักผ่านไปจะทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลง ยกเว้นสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมแกลบเผานั้นค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะเพิ่มขึ้น ส่วนค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้นทุกสิ่งทดลอง

ความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารของกากตะกอนของเสียในสิ่งทดลองต่าง ๆ จากการศึกษา พบว่า ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชนั้นจะปลดปล่อยออกมามากที่สุดที่ 1 สัปดาห์ หลังจากการบ่ม และหลังจากนั้นอาจจะเกิด immobilization ได้หากผสมวัสดุปลูกบางชนิดที่มี C/N ratio สูง ส่วนฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์นั้น พบว่า ตลอดระยะเวลาของการหมักจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุก

สิ่งทดลอง และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากการศึกษานั้นสิ่งทดลองที่ผสมขุยมะพร้าว และสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 6 ค่าการเปลี่ยนแปลงของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

3. การใช้ประโยชน์กากตะกอนของเสียเพื่อปรับปรุงดินเหมืองแร่ร้าง

เป็นการศึกษาถึงศักยภาพในการใช้กากตะกอนของเสียเพื่อปรับปรุงดินเหมืองแร่ร้าง ซึ่งศึกษาถึงสมบัติของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูก รวมถึงปลูกข้าวโพดหวานเพื่อศึกษาถึงการเจริญเติบโต

3.1 สมบัติของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูก

3.1.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

จากการศึกษาค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูก (ตารางที่ 15) ซึ่งรายละเอียดของสิ่งทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 6 พบว่า สิ่งทดลองที่ 1 และสิ่งทดลองที่ 2 ดินผสมก่อนปลูกค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะมีแนวโน้มสูงกว่าดินผสมหลังปลูก แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนสิ่งทดลองที่ 21 ซึ่งเป็นดินลำดวนค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินผสมก่อนปลูกสูงกว่าดินผสมหลังปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนในสิ่งทดลองที่เหลือค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินผสมก่อนปลูกสูงกว่าดินผสมหลังปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินและค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ค่าเฉลี่ย ± ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	pH		ความแตกต่าง	ECe (dS m^{-1})		ความแตกต่าง
		ก่อน	หลัง		ก่อน	หลัง	
1	S	5.26±0.11	5.19±0.03	0.07^{ns}	0.11±0.00	0.06±0.01	0.05 **
2	S+C	5.69±0.09	5.63±0.04	0.06^{ns}	1.73±0.01	1.68±0.01	0.05 **
3	S+H	7.03±0.09	6.54±0.05	0.49 **	0.28±0.01	0.13±0.01	0.15 **
4	S+C+1%Wa	5.47±0.16	4.92±0.02	0.55 **	1.22±0.05	3.15±0.03	-1.93 **
5	S+C+2%Wa	5.49±0.06	4.99±0.02	0.50 **	2.00±0.05	3.87±0.05	-1.87 **
6	S+C+3%Wa	5.65±0.09	5.10±0.02	0.55 **	2.67±0.05	4.40±0.05	-1.73 **
7	S+C+4%Wa	5.70±0.08	5.14±0.02	0.56 **	3.38±0.05	7.08±0.03	-3.70 **
8	S+C+1%W	5.38±0.17	4.95±0.03	0.43 **	2.45±0.05	3.55±0.05	-1.10 **
9	S+C+2%W	5.24±0.05	4.97±0.05	0.27 **	3.00±0.06	4.18±0.03	-1.18 **
10	S+C+3%W	5.20±0.04	5.06±0.04	0.14 **	3.49±0.07	4.41±0.03	-0.92 **
11	S+C+4%W	5.18±0.07	5.07±0.04	0.11 **	3.71±0.07	4.46±0.08	-0.75 **
12	S+H+1%Wa	7.15±0.03	6.50±0.04	0.65 **	0.73±0.01	1.09±0.03	-0.36 **
13	S+H+2%Wa	7.21±0.08	6.52±0.05	0.69 **	1.18±0.03	2.71±0.03	-1.53 **
14	S+H+3%Wa	7.32±0.12	6.54±0.03	0.78 **	1.21±0.03	3.36±0.03	-2.15 **
15	S+H+4%Wa	7.57±0.12	6.72±0.01	0.85 **	2.64±0.03	4.23±0.03	-1.59 **
16	S+H+1%W	7.06±0.03	6.25±0.03	0.81 **	1.42±0.03	1.55±0.02	-0.13 **
17	S+H+2%W	7.18±0.09	6.47±0.02	0.71 **	1.89±0.01	2.67±0.04	-0.78 **
20	CS1	6.23±0.05	6.06±0.03	0.17 **	3.89±0.00	8.19±0.03	-4.30 **
21	CS2	4.49±0.05	4.39±0.01	0.10 *	4.92±0.03	9.19±0.03	-4.27 **

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (เปรียบเทียบโดยวิธี T test)

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (เปรียบเทียบโดยวิธี T test)

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (เปรียบเทียบโดยวิธี T test)

วัสดุปลูก และชนิดของกากตะกอนของเสียที่ผสมลงในสิ่งทดลองก็มีผลต่อค่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูก โดยในสิ่งทดลองที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศมีแนวโน้มทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่าสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ (ในระดับเปอร์เซ็นต์ของกากตะกอนของเสียเท่ากัน) เนื่องจากค่าความเป็นกรดเป็นด่างของกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ (5.72) มีค่าสูงกว่ากากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ (5.29) และยังพบว่า สิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมขุยมะพร้าวมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่าสิ่งทดลอง

กลุ่มที่ผสมแกลบเผา (กากตะกอนของเสียชนิดเดียวกัน และปริมาณกากตะกอนของเสียเท่ากัน) เพราะจากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของวัสดุปลูกทั้ง 2 พบว่า ขุยมะพร้าวมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (4.29) ต่ำกว่าแกลบเผา (8.26) ส่วนในสิ่งทดลองที่ 20 และสิ่งทดลองที่ 21 ซึ่งเป็นดินสำหรับปลูกไม้กระถางนั้นสิ่งทดลองที่ 20 จะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่าสิ่งทดลองที่ 21 และเป็นที่น่าสงสัยว่าในสิ่งทดลองที่ 4, 5, 6 และ 7 (ผสมขุยมะพร้าว) และสิ่งทดลองที่ 12, 13, 14 และ 15 (ผสมแกลบเผา) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้นตามปริมาณกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศที่ใส่ลงไป ส่วนในสิ่งทดลองที่ 8, 9, 10 และ 11 นั้นค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณกากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศที่เพิ่มขึ้น

ดังนั้นการลดลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดินผสมหลังปลูก อาจจะเนื่องจากดินมีอินทรียวัตถุทับถมอยู่ เมื่ออินทรียวัตถุเน่าเปื่อยลง จะมีกรดอินทรีย์ต่าง ๆ (fulvic acid และ humic acid) เกิดขึ้นทำให้ดินมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินทำให้เกิดกรดคาร์บอนิคดินจึงมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นด้วย (ยง ยุทธ, 2543) นอกจากนี้การดูดธาตุอาหารไปใช้ของพืชก็ทำให้ดินผสมหลังปลูกเป็นกรดมากกว่าดินก่อนปลูก เนื่องจากมีการแลกเปลี่ยนระหว่างไฮโดรเจนไอออนที่ผิวรากพืช ซึ่งมาจากเมแทบอลิซึมของรากกับแคตไอออนซึ่งดูดซับอยู่ที่ผิวคอลลอยด์ เช่น โพแทสเซียม แคลเซียมเป็นต้น ทำให้แคตไอออนดังกล่าวถูดดูดซับอยู่ที่ผนังเซลล์ของรากพืช ส่วนไฮโดรเจนไอออนก็ออกมาดูดซับกับผิวของคอลลอยด์ดินแทน ทำให้ดินหลังปลูกมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (ยงยุทธ และคณะ 2541) Epstein และคณะ (1976) ศึกษาการผสมของเสียชุมชนลงในดิน Aquic Hapludults เพื่อใช้ในการปลูกข้าวโพด ทำการศึกษาในแปลงทดลอง พบว่า กากใส่ของเสียชุมชนดังกล่าวนั้นจะทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดลงตลอดฤดูการเพาะปลูก สำหรับสิ่งทดลองที่ใส่แกลบเผาจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงกว่าสิ่งทดลองที่ใส่ขุยมะพร้าวเนื่องจากแกลบเผาหรือขี้เถ้าส่วนหนึ่งจะมีโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ปะปนอยู่ซึ่งเป็นผลให้สิ่งทดลองที่ผสมแกลบเผามีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่าสิ่งทดลองที่ผสมขุยมะพร้าวทุกสิ่งทดลอง

ผลจากการศึกษานี้พบว่า สิ่งทดลองที่มีการใช้แกลบเผาเป็นวัสดุปรับปรุงดินจะทำให้ดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างใกล้เคียงกับ 7 มากกว่าสิ่งทดลองที่ใช้ขุยมะพร้าวมาเป็นวัสดุปรับปรุงดิน (ตารางที่ 15) แต่สิ่งทดลองที่ใช้ขุยมะพร้าวนั้นข้าวโพดหวานมีการเจริญเติบโตสูงกว่าสิ่งทดลองที่ใช้แกลบเผาที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดเดียวกันในปริมาณที่เท่ากัน (สิ่งทดลองที่ 4 กับ 12, 5 กับ 13, 6 กับ 14, 7 กับ 15, 8 กับ 16, 9 กับ 17, 10 กับ 18 และ 11 กับ 19) ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าค่า

ความเป็นกรดเป็นด่างไม่ใช่เป็นปัจจัยเดียวที่สำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานในการศึกษานี้

3.1.2 ค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส

ค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูกแสดงในตารางที่ 15 พบว่า ดินผสมก่อนปลูกจะมีค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสน้อยกว่า ดินผสมหลังปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) เกือบทุกสิ่งทดลอง ยกเว้นสิ่งทดลองที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งไม่ผสมกากตะกอนของเสีย ค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสในดินผสมก่อนปลูกสูงกว่าในดินผสมหลังปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) เนื่องจากโซเดียมในกากตะกอนของเสียทั้ง 2 ชนิดมีค่าสูง และเมื่อเวลาผ่านไปโซเดียมค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาสะสมในดิน และอาจจะเนื่องจากแอมโมเนียม และไนเทรต ในดินผสมหลังปลูกมีความเข้มข้นสูงขึ้น (ตารางที่ 16) Navarro Pedreno และคณะ (1996) ศึกษาการใช้กากตะกอนของเสียจากเปลือกเมล็ดอัลมอนด์ผสมกับดิน Calcareous เพื่อใช้ในการปลูกมะเขือเทศในประเทศสเปน พบว่าการใส่กากตะกอนของเสียจากเปลือกเมล็ดอัลมอนด์มีผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินเปลี่ยนแปลง โดยตลอดระยะเวลาปลูกมะเขือเทศทั้ง 3 ฤดูกาล ดินจะมีค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และสูงมากในฤดูกาลที่ 3 ค่าการนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นนั้นเนื่องจากการสะสมของโซเดียมที่พบมากในเปลือกเมล็ดอัลมอนด์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ จามีกร (2537) ซึ่งศึกษาการใช้อินทรียวัสดุเหลือใช้บางชนิดเป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนพบว่า การใช้กากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานสุราบางยี่ขัน 2 จังหวัดปทุมธานี ติดต่อกันมีแนวโน้มทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มขึ้น อีกทั้ง สุริยา (2531) ได้วิเคราะห์ดินนาชุดดินรังสิต และชุดดินร้อยเอ็ด เมื่อใส่กากละหุ่ง กากตะกอนน้ำเสีย กากตะกอนอ้อยและปุ๋ยหมักฟางข้าวติดต่อกัน 3 ฤดูปลูก พบว่า ดินมีค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตาม สิ่งทดลองที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศจะมีค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสเป็น 83 dS m^{-1} ซึ่งมีค่าน้อยกว่าสิ่งทดลองที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ ที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสเป็น 103 dS m^{-1} และค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส มีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับกากตะกอนของเสียที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมขุยมะพร้าวมีค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส มากกว่าสิ่งทดลองที่ผสมแกลบเผา (ชนิดกากตะกอนของเสียเดียวกัน และมีปริมาณกากตะกอนของเสียเท่ากัน) เนื่องจากค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของขุยมะพร้าว (3.56 dS m^{-1}) มากกว่าแกลบเผา (1.23 dS m^{-1}) และสิ่งทดลองที่ 20 และ 21 ซึ่งเป็นดิน

สำหรับปลูกไม้กระถางที่ผลิตโดยบริษัทเอกชน 2 บริษัทนั้น จะมีค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสสูงมากในดินหลังปลูก ซึ่งดินดังกล่าวจะผสมขุยมะพร้าวในปริมาณที่สูงมาก และไม่ทราบว่า มีการผสมอะไรเพิ่มเติมอีกบ้างจึงทำให้ค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากในดินหลังปลูก อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มปริมาณกากตะกอนของเสียลงในสิ่งทดลองจะทำให้ดินก่อนปลูกและหลังปลูกมีค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสสูงขึ้น (สิ่งทดลองที่ 4 ถึง 7, 8 ถึง 11, 12 ถึง 15 และ 16 ถึง 19) แต่จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานลดลง ดังนั้น ค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินอาจจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานในการศึกษาครั้งนี้

3.1.3 ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (แอมโมเนีย และไนเทรต)

ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูกแสดงในตารางที่ 16 ซึ่งตามสิ่งทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 6 พบว่า ดินผสมก่อนปลูกมีไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์น้อยกว่าดินผสมหลังปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ยกเว้นสิ่งทดลองที่ 1, 2 และ 3 ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ของดินผสมก่อนปลูกสูงกว่าดินผสมหลังปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) (ไม่ผสมกากตะกอนของเสีย เมื่อพืชดูดธาตุดังกล่าวจากดินไปใช้ธาตุดังกล่าวจึงมีความเข้มข้นลดลง) เนื่องจากในกากตะกอนของเสียทั้ง 2 ชนิดมีไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์อยู่สูง (กากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศมีแอมโมเนียม = 1,470.50 mg kg^{-1} และไนเทรต = 1,470.75 mg kg^{-1} และ กากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศมีแอมโมเนียม = 3,064.46 mg kg^{-1} และไนเทรต = 6,674.15 mg kg^{-1}) เมื่อเวลาผ่านไปดินผสมค่อย ๆ ปลดปล่อยไนโตรเจนออกมา แม้พืชจะนำไปใช้ประโยชน์แล้วบางส่วนแต่อีกส่วนหนึ่งก็ยังคงสะสมอยู่ในดินทำให้เมื่อวิเคราะห์ดินผสมหลังปลูกยังคงมีไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สูงอยู่

อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูกนั้นมากขึ้นตามระดับของกากตะกอนของเสียที่มากขึ้น โดยพบว่า ในสิ่งทดลองที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศจะมีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์น้อยกว่าสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ เนื่องจากกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศมีไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์น้อยกว่ากากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ ส่วนสิ่งทดลองที่ 20 และ 21 ซึ่งเป็นดินที่มีจำหน่ายสำหรับปลูกไม้กระถางในท้องตลาดนั้น ความเข้มข้นของธาตุของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ของดินก่อนปลูกน้อยกว่าดินหลังปลูก เนื่องจากดินทั้ง 2 ชนิดอาจมีการผสมขุยมะพร้าว หรืออาจจะมีการผสมปุ๋ยเคมีไนโตรเจนจำพวกที่ปลดปล่อยอย่างช้า ๆ ลงไปในดินสำหรับปลูกไม้กระถางเพราะค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินสำหรับปลูกไม้

กระถางทั้ง ดินไม่ลองไม่รู้ และดินลำดวน หลังจากปลูกพืชทดลองมีค่าสูงมาก (8.19 และ 9.19 dS m^{-1}ตามลำดับ) (ตารางที่ 15) ซึ่งเป็นหลักฐานยืนยันสมมุติฐานดังกล่าว ดังนั้น ธาตุอาหารจึงค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมา ในทำนองเดียวกัน จากการศึกษาของ Tester และคณะ (1981) ใช้กากตะกอนของเสียชุมชนที่ย่อยสลายแล้วผสมกับดิน Evesboro loamy sand และ Fauquier silt loam ปลูก Tall fescue ในเรือนกระจก พบว่า แหล่งของไนโตรเจนที่ได้จากกากตะกอนของเสียนั้นมีแนวโน้มค่อย ๆ ปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาอย่างช้า ๆ ให้พืชใช้ในการเจริญเติบโต

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบไนไตรเจนที่เป็นประโยชน์ของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ค่าเฉลี่ย ± ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	NH_4^+ (mg kg^{-1})		ความแตกต่าง	NO_3^- (mg kg^{-1})		ความแตกต่าง
		ก่อน	หลัง		ก่อน	หลัง	
1	S	16.57±3.16	12.23±1.10	4.34 **	23.85±2.40	18.52±0.92	5.33 **
2	S+C	22.05±0.87	19.51±0.33	2.54 **	161.54±1.43	156.36±1.62	5.18 **
3	S+H	19.19±0.19	16.31±0.89	2.88 **	195.04±3.13	186.52±1.41	8.52 **
4	S+C+1%Wa	41.84±0.85	62.11±2.70	-20.27 **	99.72±5.28	306.41±4.45	-206.69 **
5	S+C+2%Wa	47.74±1.42	70.50±1.09	-22.76 **	164.84±3.62	527.56±4.24	-362.72 **
6	S+C+3%Wa	43.82±1.27	123.11±1.13	-79.29 **	247.15±2.97	798.53±6.50	-551.38 **
7	S+C+4%Wa	53.16±4.20	218.15±1.44	-164.99 **	345.01±1.95	1004.26±4.41	-659.25 **
8	S+C+1%W	68.09±2.58	93.21±2.12	-25.12 **	160.21±3.04	509.60±2.95	-349.39 **
9	S+C+2%W	98.81±3.95	121.81±1.45	-23.00 **	176.95±3.60	669.73±7.65	-492.78 **
10	S+C+3%W	128.02±1.33	156.88±0.63	-28.86 **	188.41±1.44	879.76±7.90	-691.35 **
11	S+C+4%W	201.95±4.88	221.19±6.32	-19.24 **	197.76±2.88	1138.90±4.00	-941.14 **
12	S+H+1%Wa	25.97±4.19	77.59±1.04	-51.62 **	77.78±4.55	576.42±4.19	-498.64 **
13	S+H+2%Wa	91.43±6.87	119.93±1.14	-28.50 **	88.75±1.74	844.89±5.72	-756.14 **
14	S+H+3%Wa	136.25±4.41	186.26±1.24	-50.01 **	102.02±2.72	1128.22±5.48	-1,026.20 **
15	S+H+4%Wa	169.57±2.54	210.43±4.95	-40.86 **	123.87±2.16	1258.16±5.10	-1,134.30 **
16	S+H+1%W	25.69±0.87	60.11±0.84	-34.42 **	110.85±2.95	635.16±4.86	-524.31 **
17	S+H+2%W	78.52±5.78	123.46±0.87	-44.94 **	122.38±2.08	878.64±6.50	-756.26 **
20	CS1	69.09±2.44	215.07±4.73	-145.98 **	315.57±5.09	1549.57±3.57	-1,234.00 **
21	CS2	61.98±0.78	236.86±4.20	-174.88 **	227.28±2.86	865.09±4.43	-637.81 **

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (เปรียบเทียบโดยวิธี T test)

3.1.4 ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูกแสดงในตารางที่ 17 พบว่า ดินผสมก่อนปลูกมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์น้อยกว่าดินผสมหลังปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ยกเว้นสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 ที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินผสมก่อนปลูกสูงกว่าดินผสมหลังปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) (ไม่ผสมกากตะกอนของเสีย เมื่อพืชดูดธาตุดังกล่าวจากดินไปใช้ธาตุดังกล่าวจึงมีความเข้มข้นลดลง) จากการศึกษาของ Epstein และคณะ (1976) ที่ศึกษาการผสมของเสียชุมชนลงในดิน Aquic Hapludults เพื่อใช้ในการปลูกข้าวโพด ที่ศึกษาในแปลงทดลอง พบว่า ของเสียชุมชนที่ใส่ลงไปในดินก่อนปลูก และตลอดระยะเวลา 2 ปีที่มีการปลูกข้าวโพดจะทำให้ฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้นทุก ๆ ฤดูการปลูก และ จามีกร (2537) ศึกษาการใช้อินทรียวัสดุเหลือใช้บางชนิดเป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน พบว่า การใช้กากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานสุราบางยี่ขัน 2 จังหวัดปทุมธานี ใส่ลงไปในดิน มีแนวโน้มทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังปลูกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย อีกทั้ง ศุภมาศ (2538) ศึกษาการใช้อินทรียวัสดุ เช่น กากละหุ่ง กากตะกอนน้ำเสีย (activated sludge cake) จากโรงงานสุราบางยี่ขัน 2 ปุ๋ยหมักฟางข้าว และน้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพ ทำการทดลองภาคสนามในชุดดินกำแพงแสน โดยพืชที่ปลูกคือข้าวโพดหวาน พบว่า สิ่งทดลองที่มีแนวโน้มทำให้ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น ได้แก่ สิ่งทดลองที่ผสมกากตะกอนน้ำเสีย (activated sludge cake) จากโรงงานสุราบางยี่ขัน 2

อย่างไรก็ตาม สิ่งทดลองที่ 3 ไม่ผสมกากตะกอนของเสียแต่กลับพบว่า มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินผสมหลังปลูกสูงกว่าดินผสมก่อนปลูก เพราะในสิ่งทดลองดังกล่าวผสมแกลบเผาซึ่งมีฟอสฟอรัสอยู่ปริมาณหนึ่ง (423.88 mg kg^{-1}) และจากการวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างของแกลบเผานั้นจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูง (8.26) เมื่อผสมกับดินเหมืองแร่ร้างก็ยังคงทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินผสมสูงอยู่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมทำให้มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ดี ยงยุทธ และคณะ (2541) รายงานว่า เมื่อดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 6-7 จะมีฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด (maximum phosphate availability) ส่วนในขุยมะพร้าว แม้ว่าจากการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในขุยมะพร้าว (434.11 mg kg^{-1}) พบว่า มีอยู่ปริมาณใกล้เคียงกับในแกลบเผา แต่เนื่องจากค่าความเป็นกรดเป็นด่างขุยมะพร้าวต่ำ (4.29) และเมื่อผสมดินเหมืองแร่ร้างค่าความเป็นกรดเป็นด่างก็ยังคงต่ำอยู่ ดังนั้น ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์บางส่วนอาจจะมีการตรึงในรูปต่าง ๆ ได้ สุวรรณ (2541) รายงานว่าดินที่มีค่าความเป็น

กรดเป็นด่างสูงฟอสฟอรัสอาจจะถูกตรึงเพราะทำปฏิกิริยาตกตะกอนกับแคลเซียม และแมกนีเซียมได้เช่นกัน

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ค่าเฉลี่ย ± ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	P (mg kg^{-1})		ความแตกต่าง	K (cmol(+) kg^{-1})		ความแตกต่าง
		ก่อน	หลัง		ก่อน	หลัง	
1	S	6.42±0.24	0.62±0.00	5.80 **	0.06±0.01	0.05±0.01	0.01^{ns}
2	S+C	15.62±0.16	15.14±0.16	0.48 **	0.39±0.01	1.09±0.01	-0.70**
3	S+H	86.34±0.28	98.77±3.03	-12.43 **	0.22±0.02	0.22±0.02	0.00^{ns}
4	S+C+1%Wa	93.53±3.25	125.33±2.44	-31.80 **	0.47±0.02	1.50±0.03	-1.03**
5	S+C+2%Wa	185.18±11.01	232.16±17.26	-46.98 **	0.88±0.02	1.65±0.02	-0.77**
6	S+C+3%Wa	240.41±6.27	273.23±2.38	-32.82 **	1.33±0.01	1.74±0.04	-0.41**
7	S+C+4%Wa	328.39±4.35	412.06±8.27	-83.67 **	1.66±0.02	1.86±0.03	-0.20**
8	S+C+1%W	93.61±4.88	83.74±3.95	9.87 *	0.37±0.02	1.43±0.03	-1.06**
9	S+C+2%W	114.56±2.39	127.22±8.03	-12.66 **	0.73±0.02	1.54±0.03	-0.81**
10	S+C+3%W	186.39±2.52	200.50±4.03	-14.11 **	1.22±0.02	1.68±0.05	-0.46**
11	S+C+4%W	288.40±5.44	304.76±3.04	-16.36 **	1.53±0.03	1.79±0.03	-0.26**
12	S+H+1%Wa	182.37±8.39	210.06±3.45	-27.69 **	0.31±0.02	0.43±0.02	-0.12**
13	S+H+2%Wa	255.91±2.70	336.93±8.50	-81.02 **	0.37±0.01	0.52±0.02	-0.15**
14	S+H+3%Wa	365.86±4.43	395.95±6.86	-30.09 **	0.42±0.02	0.65±0.03	-0.23**
15	S+H+4%Wa	442.9±3.61	473.91±4.29	-30.95 **	0.63±0.01	0.92±0.03	-0.29**
16	S+H+1%W	179.49±2.78	195.90±5.75	-16.41 **	0.23±0.01	0.38±0.01	-0.15**
17	S+H+2%W	246.60±4.05	280.48±6.03	-33.88 **	0.28±0.01	0.38±0.01	-0.10**
20	CS1	387.37±9.22	565.84±3.50	-178.47 **	3.11±0.02	3.96±0.05	-0.85**
21	CS2	154.09±4.99	557.85±14.98	-403.76 **	2.17±0.02	3.05±0.04	-0.88**

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (เปรียบเทียบโดยวิธี T test)

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (เปรียบเทียบโดยวิธี T test)

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (เปรียบเทียบโดยวิธี T test)

สิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศมีแนวโน้มที่จะวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้สูงกว่าสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ เนื่องจากใน กากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่า (3,081.89 mg kg^{-1}) กากตะกอน

ของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ (2,834.43 mg kg^{-1}) และเมื่อผสมกากตะกอนของเสียในระดับที่สูงขึ้นก็จะทำให้ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในสิ่งทดลองสูงขึ้นด้วย

3.1.5 โพแทสเซียม

โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินผสมก่อนปลูก และดินผสมหลังปลูกแสดงในตารางที่ 17 พบว่า ดินผสมก่อนปลูกมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้น้อยกว่าดินผสมหลังปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ยกเว้นสิ่งทดลองที่ 1 และ 3 สิ่งทดลองที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศจะมีค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศเมื่อเปรียบเทียบในสิ่งทดลองที่ใช้วัสดุปลูกและระดับกากตะกอนของเสียเดียวกัน เนื่องจากกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่ากากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ เป็น 17.52 และ 12.66 cmol(+) kg^{-1}ตามลำดับ (ตารางที่ 7) และเมื่อเพิ่มระดับกากตะกอนของเสีย พบว่า โพแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวัสดุปลูกทั้ง 2 ชนิด พบว่า สิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมขุยมะพร้าวมีแนวโน้มว่าปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมแกลบเผาเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิด และระดับเดียวกัน เช่น สิ่งทดลองที่ 4 กับ 12, 5 กับ 13, 6 กับ 14, และ 7 กับ 15 เป็นต้น (ตารางที่ 17) อาจจะเนื่องจากว่าขุยมะพร้าวมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เริ่มต้นมากกว่าแกลบเผา (ตารางที่ 7) เป็น 15.32 และ 1.23 cmol(+) kg^{-1}ตามลำดับ (สังเกตได้จากการเปรียบเทียบสิ่งทดลองที่ 4 กับ 12, 5 กับ 13, 6 กับ 14 และ 7 กับ 15) นอกจากนี้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมขุยมะพร้าวต่ำกว่าสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมแกลบเผา (ตารางที่ 15) เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียที่ชนิด และระดับเดียวกัน ดินโดยทั่วไปที่มีค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินสูงหรืออินทรียวัตถุสูงความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมจะสูงด้วย (สุขุม, 2533)

3.1.6 กำมะถัน

กำมะถันที่เป็นประโยชน์ของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูกแสดงในตารางที่ 18 พบว่า ดินผสมก่อนปลูกมีกำมะถันที่เป็นประโยชน์น้อยกว่าดินผสมหลังปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ยกเว้นสิ่งทดลองที่ 1, 2 และ 3 กำมะถันที่เป็นประโยชน์ของดินผสมก่อนปลูกสูงกว่าดินผสมหลังปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งจะเห็นได้ว่าสิ่งทดลองที่ใส่กากตะกอนของเสียจะมีกำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินผสมหลังปลูกสูงกว่าดินผสมก่อนปลูก เพราะในกากตะกอนของเสียทั้ง 2 ชนิดมีกำมะถันที่เป็นประโยชน์อยู่สูง และค่อย ๆ ถูกปลดปล่อยออกมาสะสมอยู่ในดินสูงแม้ว่าพืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตแล้วบางส่วนก็ตาม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกาก

ตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ มีกำมะถันที่เป็นประโยชน์อยู่สูงกว่าสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ (เปอร์เซ็นต์กากตะกอนของเสียระดับเดียวกัน) เนื่องจากในกากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศมีกำมะถันที่เป็นประโยชน์ (4,735.50 mg kg^{-1}) สูงกว่าในกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ (4,374.59 mg kg^{-1}) และในสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมขุยมะพร้าวก็มีแนวโน้มว่าในดินหลังปลูกจะมีกำมะถันที่เป็นประโยชน์สูงกว่าในสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมแกลบเผา เนื่องจากขุยมะพร้าวมีกำมะถันที่เป็นประโยชน์ (279.54 mg kg^{-1}) สูงกว่าแกลบเผา (160.80 mg kg^{-1})

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบค่ากำมะถันที่เป็นประโยชน์และค่าแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ค่าเฉลี่ย ± ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	S (mg kg^{-1})		ความแตกต่าง	Ca (cmol(+) kg^{-1})		ความแตกต่าง
		ก่อน	หลัง		ก่อน	หลัง	
1	S	18.36±0.44	8.38±0.43	9.98 **	0.55±0.01	0.50±0.01	0.05**
2	S+C	19.37±0.66	11.95±0.35	7.42 **	1.05±0.01	1.17±0.01	-0.12*
3	S+H	19.31±0.43	10.73±1.42	8.58 **	1.12±0.02	1.51±0.02	-0.39**
4	S+C+1%Wa	41.84±0.68	98.28±1.83	-56.44 **	2.14±0.04	2.25±0.03	-0.11**
5	S+C+2%Wa	58.17±0.67	139.73±2.51	-81.56 **	2.23±0.06	2.45±0.03	-0.22**
6	S+C+3%Wa	94.47±0.63	222.83±3.46	-128.36 **	2.56±0.03	2.74±0.06	-0.18**
7	S+C+4%Wa	107.44±0.89	354.75±2.49	-247.31 **	2.77±0.12	3.05±0.05	-0.28**
8	S+C+1%W	56.56±0.83	109.24±1.85	-52.68 **	1.87±0.05	1.98±0.02	-0.11**
9	S+C+2%W	103.56±0.96	163.76±2.82	-60.20 **	2.06±0.05	2.23±0.04	-0.17**
10	S+C+3%W	127.74±2.09	242.35±2.63	-114.61 **	2.16±0.02	2.24±0.06	-0.08*
11	S+C+4%W	173.61±2.28	363.93±1.05	-190.32 **	2.24±0.03	2.30±0.04	-0.06 ns
12	S+H+1%Wa	37.87±0.63	72.11±2.55	-34.24 **	2.04±0.05	2.19±0.03	-0.15**
13	S+H+2%Wa	49.36±1.57	126.82±4.09	-77.46 **	2.16±0.04	2.24±0.04	-0.08*
14	S+H+3%Wa	85.54±1.77	215.51±1.93	-129.97 **	2.27±0.03	2.32±0.06	-0.05 ns
15	S+H+4%Wa	129.31±1.10	321.73±7.25	-192.42 **	2.33±0.04	2.39±0.03	-0.06 ns
16	S+H+1%W	48.37±1.15	100.20±0.88	-51.83 **	1.63±0.83	1.80±0.05	-0.17**
17	S+H+2%W	102.73±2.58	153.79±10.67	-51.06 **	2.00±0.05	2.10±0.04	-0.10*
20	CS1	276.33±16.17	946.50±9.12	-670.17 **	2.90±0.05	7.09±0.48	-4.19**
21	CS2	446.35±2.08	855.57±12.76	-409.22 **	6.32±0.34	8.43±0.15	-2.11**

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (เปรียบเทียบโดยวิธี T test)

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (เปรียบเทียบโดยวิธี T test)

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (เปรียบเทียบโดยวิธี T test)

3.1.7 แคลเซียม

แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูกแสดงในตารางที่ 18 พบว่า ดินผสมก่อนปลูกมีแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้น้อยกว่าดินผสมหลังปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ยกเว้นสิ่งทดลองที่ 1 แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ของดินผสมก่อนปลูกสูงกว่าดินผสมหลังปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) แนวโน้มความเข้มข้นแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จะเพิ่มขึ้นตามระดับกากตะกอนของเสียที่ผสม และสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศจะมีแนวโน้มความเข้มข้นแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศเมื่อเปรียบเทียบที่ผสมกากตะกอนของเสียระดับเดียวกัน เช่น สิ่งทดลองที่ 4 กับ 8 ความเข้มข้นแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของสิ่งทดลองที่ 4 สูงกว่า 8 เนื่องจากค่าวิเคราะห์ความเข้มข้นแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ (23.00 cmol(+) kg^{-1}) สูงกว่าในกากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ (17.50 cmol(+) kg^{-1}) ซึ่งแตกต่างกับชนิดของวัสดุปลูกที่ผสม คือ ขุยมะพร้าวมีความเข้มข้นแคลเซียมน้อยกว่าในแกลบเผาเป็น 4.10 และ 4.69 cmol(+) kg^{-1} ตามลำดับ ดังนั้นสิ่งทดลองกลุ่มที่ไม่ผสมกากตะกอนของเสีย (สิ่งทดลองที่ 2 และ 3) พบว่า สิ่งทดลองที่ 2 มีความเข้มข้นแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้น้อยว่าสิ่งทดลองที่ 3 ส่วนสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียนั้น พบว่าตรงกันข้ามกับผลข้างต้น คือสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมขุยมะพร้าวมีแนวโน้มว่าความเข้มข้นแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมแกลบเผาเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ผสมกากตะกอนชนิดและระดับเดียวกัน เช่น สิ่งทดลองที่ 4 กับ 12, 5 กับ 13, 6 กับ 14 และ 7 กับ 15 เป็นต้น (ตารางที่ 18) เนื่องจากค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมขุยมะพร้าวต่ำกว่าสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมแกลบเผาเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองในกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียที่ชนิดและระดับเดียวกัน (ตารางที่ 15) ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากแคลเซียมที่มีอยู่ในกากตะกอนของเสียจะถูกปลดปล่อยออกมาได้ดีเมื่อดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำ ดังนั้นจึงสามารถวิเคราะห์พบความเข้มข้นแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมขุยมะพร้าวสูงกว่าสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมแกลบเผา เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองในกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดและระดับเดียวกัน ซึ่งจากการศึกษาของ จำเป็น (2535) ถึงผลของการใช้ฮิวมัสจากโรงงานผงชูรสต่อสมบัติบางประการและธาตุอาหารในชุดดินตาคลี พบว่า สารละลายแคลเซียม และพืชดูดแคลเซียมได้มากขึ้นเมื่อปลูกพืชเป็นครั้งที่ 2 และ 3 นั้น น่าจะเป็นเพราะในสภาพพื้นที่นั้นดินมีความชื้นสูงจึงทำให้มีคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นมากจนเกิดเป็นกรดคาร์บอนิคไปละลายสารประกอบแคลเซียม

3.1.8 แมกนีเซียม

แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูกแสดงในตารางที่ 19 พบว่า ดินผสมก่อนปลูกมีแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้น้อยกว่าดินผสมหลังปลูก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ยกเว้นสิ่งทดลองที่ 6, 7, 9, 10,11, 14 และ 15 จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูกมีแนวโน้มว่าความเข้มข้นแมกนีเซียมจะเพิ่มขึ้นตามระดับของกากตะกอนของเสียที่เพิ่มขึ้น Epstein และคณะ (1976) ศึกษาการผสมของเสียชุมชนลงในดิน Aquic Hapludult soil เพื่อใช้ในการปลูกข้าวโพด พบว่าการใส่กากตะกอนของเสีย 40 และ 240 แมกตริกตันต่อเฮกตาร์ ความเข้มข้นแมกนีเซียมที่วิเคราะห์ได้เป็น 716 และ 2,616 mg kg^{-1} ตามลำดับ แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าแม้กากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศจะมีความเข้มข้นแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (9.44 cmol(+) kg^{-1}) น้อยกว่ากากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ (15.73 cmol(+) kg^{-1}) (ตารางที่ 7) แต่จากการศึกษาสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศบางสิ่งทดลองมีความเข้มข้นแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ เช่น สิ่งทดลองที่ 5 กับ 9 และ 6 กับ 10 เป็นต้น อย่างไรก็ตาม สิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมขุยมะพร้าวมีแนวโน้มว่าความเข้มข้นแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมแกลบเผาเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดและระดับเดียวกัน เนื่องจากขุยมะพร้าวมีความเข้มข้นแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (5.34 cmol(+) kg^{-1}) สูงกว่าแกลบเผา (2.19 cmol(+) kg^{-1}) (ตารางที่ 7) ปกติในดินแมกนีเซียมจะมีน้อยกว่าแคลเซียม แต่ธาตุทั้ง 2 มักอยู่ร่วมกัน การพิจารณาจึงเป็นไปในทางเดียวกัน คือ ถ้าดินมีแคลเซียมอยู่สูงก็มักจะมีแมกนีเซียมสูงด้วย (อภิรดี, 2534)

3.1.9 โซเดียม

โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูกแสดงในตารางที่ 19 ปริมาณโซเดียมที่วัดได้ในดินก่อนปลูกน้อยกว่าดินหลังปลูกทุกสิ่งทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) แต่สิ่งทดลองที่ 1, 3, 4 และ 5 พบว่าโซเดียมของดินก่อนปลูกและหลังปลูกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สิ่งทดลองที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศจะมีค่าโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่าสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศเมื่อเปรียบเทียบในสิ่งทดลองที่ใช้วัสดุปลูกและระดับกากตะกอนของเสียเดียวกัน เนื่องจากกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศมีความเข้มข้นโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่ากากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ เป็น 16.00 และ 21.35 cmol(+) kg^{-1}ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มระดับกากตะกอนของเสียพบว่าโซเดียมที่วิเคราะห์ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวัสดุปลูกทั้ง 2 ชนิดพบว่า ขุยมะพร้าวมีความเข้มข้น

โซเดียมมากกว่าในแกลบเผา เป็น 0.70 และ 0.56 cmol(+) kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 7) อีกทั้งเป็นที่น่าสังเกตว่าสิ่งทดลองที่ 20 และ 21 ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมากซึ่งสูงกว่าสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียทั้ง 2 ชนิดที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 การเปรียบเทียบค่าแมกนีเซียมและค่าโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ค่าเฉลี่ย ± ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	Mg (cmol(+) kg^{-1})		ความแตกต่าง	Na (cmol(+) kg^{-1})		ความแตกต่าง
		ก่อน	หลัง		ก่อน	หลัง	
1	S	0.18±0.01	0.25±0.00	-0.07**	0.24±0.02	0.24±0.02	0.00 ns
2	S+C	0.56±0.04	0.72±0.04	-0.16**	0.72±0.05	1.09±0.04	-0.37**
3	S+H	0.39±0.01	0.63±0.04	-0.24**	0.31±0.03	0.36±0.03	-0.05 ns
4	S+C+1%Wa	0.76±0.56	1.05±0.05	-0.29**	0.89±0.06	1.04±0.11	-0.15 ns
5	S+C+2%Wa	1.04±0.03	1.12±0.05	-0.08*	1.08±0.06	1.14±0.09	-0.06 ns
6	S+C+3%Wa	1.14±0.06	1.21±0.03	-0.07 ns	1.24±0.05	1.51±0.08	-0.27**
7	S+C+4%Wa	1.18±0.05	1.21±0.06	-0.03 ns	1.36±0.04	1.69±0.05	-0.33**
8	S+C+1%W	0.85±0.04	1.06±0.04	-0.21**	1.17±0.04	1.45±0.06	-0.28**
9	S+C+2%W	1.03±0.05	1.08±0.08	-0.05 ns	1.30±0.06	1.72±0.06	-0.42**
10	S+C+3%W	1.10±0.03	1.17±0.05	-0.07 ns	1.39±0.06	1.88±0.05	-0.49**
11	S+C+4%W	1.22±0.02	1.26±0.02	-0.04 ns	1.51±0.05	1.99±0.08	-0.48**
12	S+H+1%Wa	0.76±0.02	0.65±0.03	-0.11**	0.46±0.02	0.76±0.03	-0.30**
13	S+H+2%Wa	0.90±0.04	0.98±0.03	-0.08*	0.65±0.03	0.96±0.04	-0.31**
14	S+H+3%Wa	1.10±0.05	1.10±0.03	0.00 ns	0.74±0.04	1.01±0.07	-0.27**
15	S+H+4%Wa	1.17±0.04	1.18±0.03	-0.01 ns	0.85±0.05	1.08±0.11	-0.23**
16	S+H+1%W	0.69±0.06	0.81±0.04	-0.12**	0.31±0.01	0.80±0.04	-0.49**
17	S+H+2%W	0.74±0.05	1.12±0.02	-0.38**	0.33±0.02	1.02±0.08	-0.69**
20	CS1	1.13±0.03	3.43±0.23	-2.30**	1.92±0.07	2.54±0.09	-0.62**
21	CS2	4.38±0.22	6.23±0.06	-1.85**	2.17±0.04	2.84±0.27	-0.67**

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (เปรียบเทียบโดยวิธี T test)

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (เปรียบเทียบโดยวิธี T test)

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (เปรียบเทียบโดยวิธี T test)

ดังนั้นในกลุ่มที่ผสมและไม่ผสมกากตะกอนของเสียนั้นพบว่า สิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมขุยมะพร้าวมีแนวโน้มว่าความเข้มข้นโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมแกลบเผาเมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดและระดับเดียวกัน เช่น สิ่งทดลองที่ 4 กับ 12, 5

กับ 13, 6 กับ 14 และ 7 กับ 15 เป็นต้น Navarro Pedreno และคณะ (1996) ศึกษาการใช้กากตะกอนน้ำเสีย และกากตะกอนของเสียจากเปลือกเมล็ดอัลมอนด์ผสมกับดิน Calcareous เพื่อใช้ในการปลูกมะเขือเทศในประเทศสเปน พบว่า การใส่กากตะกอนน้ำเสีย ทำให้ดินมีความเข้มข้นโซเดียมเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการปลูก

3.1.10 อินทรียวัตถุ

อินทรียวัตถุของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูกแสดงในตารางที่ 20 พบว่า ดินผสมก่อนปลูกมีอินทรียวัตถุน้อยกว่าดินผสมหลังปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ทุกสิ่งทดลอง ซึ่งในการศึกษานี้อาจเนื่องมาจากมีเศษรากข้าวโพดหวานปะปนมากับดินผสมหลังปลูกทำให้เมื่อวิเคราะห์อินทรียวัตถุของดินผสมหลังปลูกจึงมีค่ามากกว่าดินผสมก่อนปลูก และจากการศึกษาในแปลงทดลองของสุริยา (2531) ได้วิเคราะห์ดินนาชุดดินรังสิต และชุดดินร้อยเอ็ด เมื่อใส่กากละหุ่ง กากตะกอนน้ำเสีย กากตะกอนอ้อยและปุ๋ยหมักฟางข้าวติดต่อกัน 3 ฤดูปลูก พบว่า ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มมากขึ้น และจากการศึกษาของ ประเสริฐ และคณะ (2529) ทดลองใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวระยะยาวติดต่อกัน พบว่า ทำให้ดินมีอินทรียวัตถุ เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

3.1.11 ค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดิน

ค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดิน ของดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูกแสดงในตารางที่ 20 พบว่า สิ่งทดลองที่ 1 ดินผสมก่อนปลูกและหลังปลูกมีค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินไม่แตกต่างทางสถิติ ส่วนสิ่งทดลองที่เหลือนั้นค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินผสมก่อนปลูกมีค่าน้อยกว่าดินผสมหลังปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) อาจเนื่องจากค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินของดินขึ้นอยู่กับอินทรียวัตถุในดิน คือเมื่ออินทรียวัตถุสูงขึ้น ค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินที่วิเคราะห์ได้ก็สูงขึ้นด้วย ดังนั้นดินที่มีอินทรียวัตถุสูงจะมีค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินสูงด้วย (ยงยุทธ, 2543) จากการศึกษาถึงสมบัติของดินผสมหลังปลูก พบว่าดินผสมหลังปลูกมีธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส กำมะถันที่เป็นประโยชน์ อินทรียวัตถุ และค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในสิ่งทดลองกลุ่มที่ใส่กากตะกอนของเสีย เนื่องจากกากตะกอนของเสียมีการปลดปล่อยสิ่งต่าง ๆ ออกมาอย่างช้า ๆ พืชมีการนำไปใช้ประโยชน์บางส่วนแต่บางส่วนที่เหลือก็จะสะสมอยู่ในดิน ดังนั้นเมื่อวิเคราะห์ดินหลังปลูกจึงพบธาตุอาหารพืชมีความเข้มข้นมากกว่าดินผสมก่อนปลูก สุริยา (2531) ได้วิเคราะห์ดินนาชุดดินรังสิต และชุดดินร้อยเอ็ด เมื่อใส่กากละหุ่ง กากตะกอนน้ำเสีย กากตะกอนอ้อยและปุ๋ยหมักฟางข้าวติดต่อกัน 3 ฤดูปลูก พบว่าดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และแคลเซียมเพิ่มมากขึ้น และจากการศึกษาของ

ประเสริฐ และคณะ (2529) ทดลองใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวระยะยาวติดต่อกันพบว่า ทำให้ดินมีอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และกำมะถัน เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบค่าอินทรียวัตถุและค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินของดินผสมก่อนปลูก และหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ค่าเฉลี่ย ± ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	OM (g kg^{-1})		ความแตกต่าง	CEC (cmol kg^{-1})		ความแตกต่าง
		ก่อน	หลัง		ก่อน	หลัง	
1	S	1.00±0.10	1.4.±0.10	-0.04 **	0.98±0.02	0.99±0.01	0.01 ns
2	S+C	52.30±0.30	59.00±0.80	-0.67 **	1.95±0.05	3.08±0.00	-1.13 **
3	S+H	7.00±0.10	7.90±0.20	-0.09 **	1.71±0.01	2.21±0.11	-0.50 **
4	S+C+1%Wa	42.10±0.40	49.80±0.50	-0.77 **	2.46±0.02	4.56±0.54	-2.10 **
5	S+C+2%Wa	54.10±0.20	54.90±0.30	-0.08 **	2.82±0.04	4.65±0.66	-1.83 **
6	S+C+3%Wa	56.00±0.40	57.00±0.20	-0.10 **	3.14±0.04	4.65±0.34	-1.51 **
7	S+C+4%Wa	60.00±0.40	61.00±0.50	-0.10 **	3.42±0.01	5.36±0.54	-1.94 **
8	S+C+1%W	48.50±0.10	63.10±0.30	-1.46 **	2.76±0.02	4.46±0.48	-1.70 **
9	S+C+2%W	50.00±0.10	65.70±0.50	-1.57 **	3.03±0.02	4.73±0.51	-1.70 **
10	S+C+3%W	56.00±0.50	67.60±0.30	-1.16 **	3.14±0.02	5.11±0.31	-1.97 **
11	S+C+4%W	63.50±0.30	69.70±2.70	-0.62 **	3.53±0.04	4.80±0.45	-1.27 **
12	S+H+1%Wa	8.10±0.20	10.90±0.40	-0.28 **	1.90±0.02	2.17±0.07	-0.27 **
13	S+H+2%Wa	11.10±0.20	12.40±0.30	-0.13 **	2.43±0.01	2.68±0.05	-0.25 **
14	S+H+3%Wa	12.50±0.40	14.10±0.50	-0.16 **	2.67±0.01	2.82±0.04	-0.15 **
15	S+H+4%Wa	13.60±0.30	15.70±0.30	-0.21 **	2.71±0.02	3.23±0.03	-0.52 **
16	S+H+1%W	8.60±0.20	9.30±0.10	-0.07 **	1.91±0.02	2.80±0.05	-0.89 **
17	S+H+2%W	11.70±0.10	12.50±0.20	-0.08 **	2.49±0.04	3.14±0.05	-0.65 **
20	CS1	101.00±3.40	115.50±6.40	-1.45 **	11.74±0.07	20.53±0.05	-8.79 **
21	CS2	121.70±0.90	124.50±0.30	-0.28 **	12.79±0.03	21.50±0.85	-8.71 **

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (เปรียบเทียบโดยวิธี T test)

** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (เปรียบเทียบโดยวิธี T test)

ในสิ่งทดลองที่ไม่ผสมกากตะกอนของเสียนั้น ดินผสมหลังปลูกมีแนวโน้มว่าจะมีธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่น้อยกว่าดินผสมก่อนปลูก เนื่องจากไม่มีแหล่งของธาตุอาหารพืชที่จะปลดปล่อยธาตุอาหารเพิ่มให้แก่ดินในขณะที่พืชยังคงมีการดูดธาตุอาหารไปใช้ตามปกติ อย่างไรก็ตามสิ่งทดลองที่ 20 และ 21 นั้นธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้ในดินหลังปลูกสูงกว่าดินก่อนปลูกเช่นเดียวกันกับสิ่งทดลอง

ที่ผสมกากตะกอนของเสีย และมีแนวโน้มว่าจะสูงกว่าด้วย แต่จากการศึกษาถึงการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในสิ่งทดลองนี้กลับพบว่ามีการเจริญเติบโตได้จำกัด อาจเนื่องจากอิทธิพลค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดิน (ตารางที่ 15) และปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ตารางที่ 19) ของดินซึ่งมีสูงมากในสิ่งทดลองดังกล่าวซึ่งได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาแม้ว่ามีการใส่กากตะกอนของเสียที่ระดับสูงขึ้น และค่าที่วิเคราะห์ธาตุอาหารของดินผสมหลังปลูกสูงกว่าดินผสมก่อนจะเริ่มปลูก แต่เมื่อพิจารณาร่วมกับการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานกลับพบว่า สิ่งทดลองที่สมบัติต่าง ๆ และธาตุอาหารเหมาะสมเท่านั้นที่ข้าวโพดสามารถเจริญเติบโตได้ดี ไม่ใช่ถ้าธาตุอาหารสูงพืชจะสามารถเจริญเติบโตได้ดีเสมอไป เฉลิมพล (2542) รายงานว่า ผลผลิตพืชเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตพืช โดยทั่วไปการเจริญเติบโตของพืชจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ที่อยู่ในดิน เมื่อถึงระดับที่เพียงพอต่อพืช แม้มีธาตุอาหารสูงขึ้นก็ไม่ได้ทำให้การเจริญเติบโต และผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่ถ้ามีธาตุอาหารมากเกินไปก็ทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง เพราะธาตุดังกล่าวอาจเป็นพิษโดยตรงต่อพืช หรือไปรบกวนการทำหน้าที่ของธาตุอื่น ๆ เกิดสภาวะความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช (plant nutrient imbalance)

3.2 การเจริญเติบโตในด้านความสูงของข้าวโพดหวาน

ความสูงของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินผสมตามสิ่งทดลองในตารางที่ 6 จากการศึกษาความสูงทุก ๆ 1 สัปดาห์จนครบ 6 สัปดาห์ ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 21 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดหวานทุกสิ่งทดลองที่ระยะเวลา 1 สัปดาห์ สิ่งทดลองที่ 4 (S + C + 1%Wa) ข้าวโพดหวานมีค่าความสูงเฉลี่ยสูงสุด และไม่แตกต่างกับสิ่งทดลองที่ 3, 5, 6, 7, 12, 16 และ 20 แต่มากกว่าสิ่งทดลองที่ 1, 2, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19 และ 21 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนสิ่งทดลองที่ 19 (S + H + 4%W) มีค่าความสูงเฉลี่ยต่ำสุด คือ 2.95 เซนติเมตร

ตารางที่ 21 ความสูงของข้าวโพดหวานที่ระยะเวลาต่าง ๆ

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	ความสูง (เซนติเมตร)					
		สัปดาห์ 1	สัปดาห์ 2	สัปดาห์ 3	สัปดาห์ 4	สัปดาห์ 5	สัปดาห์ 6
1	S	12.29^{gf}	29.25^{ghi}	35.00^{ef}	38.50^{h}	38.00^{h}	38.00 ^{h}
2	S+C	16.03^{cde}	29.13^{ghi}	31.75 ^{ef}	33.50^{h}	34.75^{h}	35.00^{h}
3	S+H	19.88^{ab}	47.63^{abc}	73.13^{ab}	102.75^{abc}	117.00^{abc}	117.75^{cde}
4	S+C+1%Wa	21.70^{a}	52.88^{a}	79.50^{a}	109.00^{a}	128.75^{a}	141.75^{a}
5	S+C+2%Wa	20.63^{ab}	49.50^{ab}	72.00^{ab}	101.50^{abc}	122.25^{ab}	139.75^{a}
6	S+C+3%Wa	20.68^{ab}	43.50^{bcd}	60.00^{cd}	84.00^{ed}	101.50^{d}	109.00^{ef}
7	S+C+4%Wa	18.60^{abc}	38.13^{def}	56.50^{d}	76.00^{e}	89.00^{e}	96.25^{gf}
8	S+C+1%W	18.28^{bcd}	49.63^{ab}	72.25^{ab}	100.50^{abc}	122.00^{ab}	137.25^{ab}
9	S+C+2%W	16.85^{cde}	43.25^{bcd}	61.50^{cd}	97.00^{bc}	115.50^{bc}	128.25^{abc}
10	S+C+3%W	15.45^{edf}	40.25^{cde}	58.00^{cd}	85.50^{ed}	107.00^{cd}	124.25^{bcd}
11	S+C+4%W	12.25^{g}	31.00^{fgh}	53.25^{d}	85.75^{ed}	106.25^{cd}	123.75^{bcd}
12	S+H+1%Wa	20.13^{ab}	50.50^{ab}	77.75^{a}	104.75^{ab}	125.75^{ab}	139.25^{a}
13	S+H+2%Wa	13.88^{egf}	33.50^{efg}	53.25^{d}	85.00^{ed}	108.00^{cd}	131.00^{abc}
14	S+H+3%Wa	14.10^{efg}	24.75^{hij}	28.50^{gf}	51.00^{g}	73.25^{f}	96.25^{gf}
15	S+H+4%Wa	12.10^{g}	20.50^{j}	22.25^{g}	36.50^{h}	59.75^{g}	84.50^{g}
16	S+H+1%W	20.48^{ab}	45.63^{abcd}	67.25^{bc}	93.00^{cd}	113.50^{bcd}	124.50^{bcd}
17	S+H+2%W	12.15^{g}	23.00^{ij}	39.50^{e}	64.25^{f}	89.50^{e}	114.50^{de}
18	S+H+3%W	6.55^{h}	10.83^{k}	0.00	0.00	0.00	0.00
19	S+H+4%W	2.95^{i}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	CS1	21.43^{ab}	34.63^{efg}	32.00^{ef}	33.00^{h}	35.25^{h}	36.00^{h}
21	CS2	16.16^{cde}	28.50^{ghi}	37.00^{ef}	41.13^{h}	43.50^{h}	44.00^{h}
	C.V. (%)	12.29	13.22	11.50	8.81	8.63	8.31

ตัวอักษร $^{a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k}$ ที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

0.00 หมายถึง ต้นข้าวโพดหวานตาย

สัปดาห์ที่ 2 สิ่งทดลองที่ 19 ข้าวโพดหวานไม่สามารถเจริญเติบโตได้ อาจจะเนื่องมาจากสิ่งทดลองดังกล่าวผสมกากตะกอนของเสียในระดับที่สูง (4 เปอร์เซ็นต์) รวมทั้งกากตะกอนของเสียที่ผสมเป็นชนิดไม่ใช้อากาศ ซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสสูงกว่ากากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ เป็น 103 และ 83 dS m^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 7) อีกทั้งผสมรวมกับแกลบเผาซึ่งมีความสามารถในการดูดซับประจุบวกได้น้อยกว่าขุยมะพร้าว (5.07 และ 24.34 cmol kg^{-1} ตามลำดับ) ธาตุประจุบวกบางตัว เช่น โซเดียมซึ่งมีอยู่ในกากตะกอนของเสียจึงอาจจะถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในสารละลายดินมากจนเป็น
พิษต่อข้าวโพดหวานได้ และเมื่อเปรียบเทียบค่าความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดหวานทุกสิ่งทดลองที่ระยะ 2 สัปดาห์ พบว่า สิ่งทดลองที่ 4 ข้าวโพดหวานมีค่าความสูงเฉลี่ยสูงสุด และไม่แตกต่างกับสิ่งทดลองที่ 3, 5, 8, 12 และ 16 แต่มากกว่าสิ่งทดลองที่ 1, 2, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 20 และ 21 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนสิ่งทดลองที่ 18 (S + H + 3%W) มีค่าความสูงเฉลี่ยต่ำสุด คือ 10.83 เซนติเมตร

สัปดาห์ 3 พบว่า สิ่งทดลองที่ 4 มีค่าความสูงเฉลี่ยสูงสุด และไม่แตกต่างกับสิ่งทดลองที่ 3, 5, 8 และ 12 แต่มากกว่าสิ่งทดลองที่ 1, 2, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 20 และ 21 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนสิ่งทดลองที่ 15 (S + H + 4%Wa) มีค่าความสูงเฉลี่ยต่ำสุด คือ 22.25 เซนติเมตร และจากการศึกษาสิ่งทดลองที่ 18 ข้าวโพดหวานตาย ซึ่งมีอาการเช่นเดียวกับสิ่งทดลองที่ 19 คือรากไม่สามารถดูดน้ำและอาหารมาเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ได้(ภาพภาคผนวกที่ 1) อย่างไรก็ตามในดินผสมของสิ่งทดลองที่ 19 ข้าวโพดหวานตายตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 เพราะใส่กากตะกอนของเสียมากกว่าสิ่งทดลองที่ 18 ซึ่ง พบว่าตายในสัปดาห์ที่ 3

สัปดาห์ที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบค่าความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดหวานทุกสิ่งทดลองพบว่า สิ่งทดลองที่ 4 ข้าวโพดหวานจะมีค่าความสูงเฉลี่ยสูงสุด และไม่แตกต่างกับสิ่งทดลองที่ 3, 5, 8 และ 12 แต่มากกว่าสิ่งทดลองที่ 1, 2, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 20 และ 21 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนสิ่งทดลองที่ 20 (CS1) มีค่าความสูงเฉลี่ยต่ำสุด คือ 33.00 เซนติเมตร

สัปดาห์ 5 สิ่งทดลองที่ 4 ข้าวโพดหวานจะมีค่าความสูงเฉลี่ยสูงสุด และไม่แตกต่างกับสิ่งทดลองที่ 3, 5, 8 และ 12 แต่มากกว่าสิ่งทดลองที่ 1, 2, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 20 และ 21 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนสิ่งทดลองที่ 2 (S + C) มีค่าความสูงเฉลี่ยต่ำสุด คือ 34.75 เซนติเมตร

สัปดาห์ 6 พบว่า ข้าวโพดหวานที่เจริญเติบโตในสิ่งทดลองที่ 4 จะมีค่าความสูงเฉลี่ยสูงสุด และไม่แตกต่างกับสิ่งทดลองที่ 5, 8, 9, 12 และ 13 แต่มากกว่าสิ่งทดลองที่ 1, 2, 3, 6, 7, 10, 11,

14, 15, 16, 17, 20 และ 21 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนสิ่งทดลองที่ 2 มีค่าความสูงเฉลี่ยต่ำสุด คือ 35.00 เซนติเมตร

เป็นที่น่าสังเกตว่า สิ่งทดลองที่ 20 (ดินไม่ลองไม่รู้) และ 21 (ดินลำดวน) ซึ่งเป็นดินที่จำหน่ายในท้องตลาด จากการศึกษาความสูงเฉลี่ย ข้าวโพดหวานมีการเจริญเติบโตน้อยมากคือมีค่าเฉลี่ยความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบในสัปดาห์ที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 ซึ่งอาจจะเนื่องจากสิ่งทดลองที่ 20 และ 21 นั้นมีค่าการนำไฟฟ้าสูงมาก (จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าในดินผสมหลังปลูก ของสิ่งทดลองที่ 20 และ 21 ซึ่งแสดงในตารางที่ 15) จึงไปจำกัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

ดังนั้นจากการศึกษาการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 21) พบว่าดินที่ผสมขุยมะพร้าว (สิ่งทดลองที่ 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 และ 11) ที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศที่ 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ทำให้การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของข้าวโพดหวานดีกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ ถ้าผสมกากตะกอนของเสียทั้ง 2 ชนิดในปริมาณที่สูงขึ้น ค่าความสูงที่วัดได้จะสูงในสัปดาห์แรกเท่านั้น และค่าความสูงของข้าวโพดหวานจะลดลงเมื่อเพิ่มระดับกากตะกอนของเสีย อาจจะเนื่องจากความไม่สมดุลของธาตุอาหาร หรืออาจจะเรื่องของความเค็มจากกากตะกอนของเสียที่ค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาจนเป็นพิษต่อข้าวโพดหวาน เพราะจากการศึกษาถึงค่าการนำไฟฟ้าของดินผสม พบว่า เมื่อระยะเวลาผ่านไปค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินผสมจะเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 11) อีกทั้งค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของกากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศสูงกว่าชนิดใช้อากาศเป็น 103 และ 83 dS m^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 7) ดังนั้น ในสิ่งทดลองที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ จะผสมกากตะกอนของเสียได้เพียง 1 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่ทำให้การเจริญเติบโต และความสูงของข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการทดลอง

ดินผสมที่ผสมแกลบเผา (สิ่งทดลองที่ 3, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 และ 19) พบว่าสิ่งทดลองที่ 3 (S + H) การเจริญเติบโตและความสูงของข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นในช่วง 1 ถึง 5 สัปดาห์ แม้สิ่งทดลองนี้ไม่ได้มีการผสมกากตะกอนของเสีย แต่เมื่อถึงสัปดาห์ที่ 6 มีแนวโน้มของค่าความสูงคงที่ อีกทั้งในระยะนี้แสดงอาการใบเหลืองซึ่งเกิดจากการขาดธาตุไนโตรเจนอย่างเห็นได้ชัด เช่นในการศึกษาธาตุอาหารในข้าวโพดหวานที่อายุ 6 สัปดาห์ (ซึ่งจะกล่าวต่อไปในหัวข้อ 3.4 ตารางที่ 22) พบว่า ข้าวโพดหวานที่เจริญเติบโตในสิ่งทดลองที่ 3 มีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนเป็น 8.90 $\pm$ 0.40 g kg^{-1} ซึ่งมีความเข้มข้นน้อยกว่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในข้าวโพดหวาน ที่ปลูกในสิ่งทดลองที่ 4 (27.80 $\pm$ 1.20 g kg^{-1}) ซึ่งเจริญเติบโตได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตาม สำหรับสิ่งทดลองกลุ่มที่

ผสมกากตะกอนของเสียนั้น การผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ทำให้ข้าวโพดหวานเจริญเติบโตและมีค่าความสูงเฉลี่ยสูงสุด (เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มที่ผสมแกลบเผาเหมือนกัน)

จากการเปรียบเทียบความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดหวานแต่ละสัปดาห์จะเห็นได้ว่า ตลอดระยะเวลา 6 สัปดาห์ สิ่งทดลองที่ 4 มีค่าความสูงเฉลี่ยสูงสุด ส่วนข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินผสมที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั้ง 2 ชนิดการเจริญเติบโตทางด้านความสูงในสัปดาห์แรกจะค่อนข้างดี แต่เมื่อเวลาผ่านไปจนถึงสัปดาห์ที่ 6 ข้าวโพดหวานจะมีความสูงเฉลี่ยต่ำสุด ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ กับสิ่งทดลองที่ 1 และ 2

3.3 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานที่ 6 สัปดาห์

3.3.1 น้ำหนักสดของข้าวโพดหวาน

จากการศึกษาน้ำหนักสดแสดงตามตารางที่ 22 จากการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักสดเฉลี่ยพบว่า ในสิ่งทดลอง 4 มีค่าสูงที่สุด และไม่แตกต่างทางสถิติ กับสิ่งทดลองที่ 8 (S + C + 1%W) และ 12 (S + H + 1%Wa) ซึ่งจะเห็นได้ว่า น้ำหนักสดของข้าวโพดหวานที่ศึกษานั้นจะไม่ขึ้นอยู่กับความสูงเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับความอวบและความสมบูรณ์ของลำต้นด้วย เนื่องจากในสัปดาห์ที่ 6 นั้น สิ่งทดลองที่มีค่าความสูงเฉลี่ยมากที่สุดคือสิ่งทดลองที่ 4 แต่เมื่อชั่งน้ำหนักสดกลับพบว่า สิ่งทดลองที่ 8 ไม่แตกต่างกับสิ่งทดลองที่ 4 และเป็นไปตามที่คาดเอาไว้คือสิ่งทดลองที่ 1 (S) จะให้ค่าน้ำหนักสดเฉลี่ยต่ำสุดเนื่องจากเป็นกลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้ผสมกากตะกอนของเสียและวัสดุปลูก

3.3.2 น้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวาน

จากการศึกษาน้ำหนักแห้งพบว่า สิ่งทดลองที่ 12 มีค่าสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 4 อย่างไรก็ตามสิ่งทดลองที่ 4 มีค่าน้ำหนักสดเฉลี่ยสูงที่สุด มีความสมบูรณ์สูงและมีความอวบน้ำมาก แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยกลับพบว่ามีค่าต่ำกว่าสิ่งทดลองที่ 12 เนื่องจากเมื่อมีความอวบน้ำมากแสดงว่าน้ำในลำต้นมีมาก ดังนั้นเมื่อนำไปอบจนน้ำหนักคงที่ น้ำในลำต้นสูญเสียไปขณะอบมากกว่าต้นที่มีความอวบน้ำน้อยกว่า

ตารางที่ 22 น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความเข้มข้นของธาตุ N, P และ K ในข้าวโพดหวานที่อายุ 6 สัปดาห์ (ค่าเฉลี่ย ± ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สิ่งทดลอง	กรรมวิธี	น้ำหนักเฉลี่ยต้นข้าวโพด (g)		ความเข้มข้นของธาตุอาหาร (g kg^{-1})		
		สด	แห้ง	N	P	K
1	S	1.27±0.34^{i}	0.28±0.05^{k}	7.30±0.30^{k}	0.90±0.01^{h}	11.70±1.40^{f}
2	S+C	1.44±0.14^{i}	0.29±0.04^{k}	7.40±0.70^{k}	1.20±0.20^{h}	44.00±3.50^{e}
3	S+H	46.91±10.76^{fg}	8.21±1.00^{def}	8.90±0.40^{j}	2.30±0.10^{fg}	50.50±1.90^{de}
4	S+C+1%Wa	129.45±12.05^{a}	13.50±1.69^{ab}	27.80±1.20^{i}	4.80±0.30^{d}	82.90±10.70^{bc}
5	S+C+2%Wa	102.03±10.70^{bc}	10.44±1.87^{cd}	31.70±0.01^{g}	6.60±0.30^{c}	82.90±7.10^{bc}
6	S+C+3%Wa	54.65±30.94^{ef}	6.07±3.31^{fgh}	32.70±0.50^{f}	7.40±0.20^{b}	83.20±8.00^{bc}
7	S+C+4%Wa	39.46±19.69^{fg}	3.56±1.85^{ij}	34.50±1.10^{e}	8.60±0.10^{a}	86.50±1.80^{bc}
8	S+C+1%W	124.75±5.43^{a}	12.33±0.52^{bc}	31.70±0.70^{g}	3.90±0.30^{e}	78.80±4.20^{c}
9	S+C+2%W	96.00±19.64^{c}	8.84±2.94^{de}	33.50±0.70^{f}	5.30±0.30^{d}	81.10±3.80^{bc}
10	S+C+3%W	76.09±14.33^{d}	6.92±1.98^{efg}	35.80±0.50^{d}	6.80±0.40^{c}	83.60±8.00^{bc}
11	S+C+4%W	71.90±19.00^{de}	5.95±1.00^{fgh}	37.70±0.30^{c}	6.50±0.70^{c}	87.00±5.60^{b}
12	S+H+1%Wa	118.34±6.92^{ab}	15.64±0.77^{a}	28.70±0.70^{h}	3.90±0.20^{e}	47.60±1.40^{de}
13	S+H+2%Wa	87.88±11.77^{cd}	10.19±1.74^{cd}	35.10±0.70^{de}	5.20±0.40^{d}	50.10±2.00^{de}
14	S+H+3%Wa	29.54±2.10^{gh}	3.78±0.84^{hij}	42.40±0.30^{b}	4.90±0.50^{d}	53.80±0.90^{d}
15	S+H+4%Wa	17.27±7.61^{hi}	1.91±0.83^{jk}	43.80±0.50^{a}	5.00±0.50^{d}	101.30±5.10^{a}
16	S+H+1%W	89.20±11.90^{cd}	11.95±1.29^{bc}	31.30±2.00^{g}	3.60±0.20^{e}	48.10±0.70^{de}
17	S+H+2%W	50.20±4.41^{f}	4.60±1.21^{ghi}	38.10±0.20^{c}	5.10±0.50^{d}	51.60±2.00^{de}
20	CS1	1.44±0.43^{i}	0.33±0.08^{k}	7.20±0.50^{k}	2.20±0.20^{g}	53.70±7.30^{d}
21	CS2	2.55±0.92^{i}	0.52±0.25^{k}	0.96±0.90^{j}	2.80±0.20^{f}	51.70±3.00^{de}
	C.V. (%)	21.32	23.02	2.23	7.58	7.45

1. ตัวอักษร $^{a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k}$ ที่แตกต่างกันในสดมภ์เดียวกันมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2. สิ่งทดลองที่ 18 และสิ่งทดลองที่ 19 ไม่แสดงค่า เนื่องจากข้าวโพดหวานตาย

เป็นที่น่าสังเกตว่า เมื่อใส่กากตะกอนของเสียในระดับที่สูงขึ้นจะทำให้น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานลดลง ทั้งนี้น่าจะเนื่องจากการใส่กากตะกอนของเสียในระดับสูงนั้นเป็นการเพิ่มไนโตรเจนแก่ดิน เช่นในการศึกษาความเข้มข้นของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (หัวข้อ 3.4.3 ตารางที่ 13) พบว่า เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของธาตุดังกล่าว ในดินผสมก่อนปลูก พบว่าสิ่งทดลองที่ 4 ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์น้อยกว่า (แอมโมเนียมเท่ากับ 41.48 mg kg^{-1} และ ไนเทรตเท่ากับ 99.72 mg kg^{-1}) สิ่งทดลองที่ 7 (แอมโมเนียมเท่ากับ 53.16 mg kg^{-1} และ

ไนเทรตเท่ากับ 345.01 mg kg^{-1}) ทำให้ไนโตรเจนในดินมีมากจนอาจจะเป็นพิษต่อข้าวโพดหวาน การเจริญเติบโตจึงลดต่ำลงตามระดับกากตะกอนของเสียที่เพิ่มขึ้น จากการศึกษาของ เฉลิมพล และวีระชัย (2539) ถึงอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตของข้าวบาร์เลย์ (พันธุ์ บรบ.2) พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราที่สูงกว่า 10 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ไม่ได้ทำให้ผลผลิตของข้าวบาร์เลย์สูงขึ้นแต่อย่างใด แต่กลับพบว่ามีแนวโน้มทำให้ผลผลิตของข้าวบาร์เลย์ลดลง (อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่เป็น 0, 10, 20 และ 40 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ แต่ผลผลิตที่ได้เป็น 451, 675, 625 และ 628 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) หรืออาจจะเป็นผลของความเค็มของดินที่เพิ่มขึ้นเมื่อใส่กากตะกอนของเสียในปริมาณที่มากขึ้นทำให้ข้าวโพดหวานที่ปลูกประสบปัญหาในการดูดน้ำและอาหาร ส่วนค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวาน พบว่าในสิ่งทดลองที่ 4 และ 8 น้ำหนักสดจะสูงกว่าในสิ่งทดลองที่ 12 แต่เมื่อออบหาค่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยกลับพบว่า สิ่งทดลองที่ 12 มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าที่ 4 และที่ 8 คงเป็นเพราะโดยลักษณะของขุยมะพร้าวมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีกว่าแกลบเผา ดังนั้นข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินที่ผสมขุยมะพร้าวจึงดูดนำไปสะสม และมีความอวบน้ำมากกว่าสิ่งทดลองที่ผสมแกลบเผา ยงยุทธ และคณะ (2541) รายงานว่า พืชผักที่ได้รับไนโตรเจนในปริมาณสูง พืชจะมีผนังเซลล์บางแต่มีโปรโตพลาสซึม (protoplasm) มาก และมีน้ำในเซลล์มากพืชจึงอวบน้ำและกรอบ ดังนั้นจากการวิเคราะห์ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ของดินผสมก่อนปลูก (ตารางที่ 13) พบว่า สิ่งทดลองที่ 4 (แอมโมเนียมเท่ากับ 41.48 mg kg^{-1} และ ไนเทรตเท่ากับ 99.72 mg kg^{-1}) และสิ่งทดลองที่ 8 (แอมโมเนียมเท่ากับ 68.09 mg kg^{-1} และ ไนเทรตเท่ากับ 160.21 mg kg^{-1}) มีไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สูงกว่าสิ่งทดลองที่ 12 (แอมโมเนียมเท่ากับ 25.97 mg kg^{-1} และ ไนเทรตเท่ากับ 77.78 mg kg^{-1}) และสิ่งทดลองที่ 4, 8 และ 12 มีค่าความสูงเฉลี่ยและค่าน้ำหนักสดเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงน่าจะเป็นไปได้ว่าสิ่งทดลองที่ 4 และ 8 อวบน้ำมากกว่าสิ่งทดลองที่ 12 เพราะฉะนั้นน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของสิ่งทดลองที่ 12 จึงสูงกว่าที่ 4 และที่ 8 และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานในสิ่งทดลองที่ 20 และ 21 มีค่าเฉลี่ยน้อยมาก โดยค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งมีค่าเท่ากับสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 (ตารางที่ 10) ดังนั้นจากการศึกษาแสดงว่าดินไม่ลองไม่รู้ และดินลำดวนที่มีจำหน่ายในท้องตลาดนั้นมีศักยภาพในการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานน้อยมาก ซึ่งอาจเนื่องจากสิ่งทดลองที่ 20 และ 21 นั้นมีความเข้มข้นของกำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินสูง (ตารางที่ 18) ทำให้จำกัดการดูดฟอสฟอรัสของพืช ดังนั้นข้าวโพดหวานที่ปลูกในสิ่งทดลองดังกล่าวจึงมีธาตุอาหารไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต อีกทั้งจากตารางที่ 22 เมื่อวิเคราะห์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในข้าวโพดหวาน พบว่า ธาตุอาหารดังกล่าวมีความเข้มข้นต่ำ

3.4 ธาตุอาหารในข้าวโพดหวานที่ 6 สัปดาห์

3.4.1 ไนโตรเจน

จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 22) สิ่งทดลองที่ 15 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด (43.80 g kg^{-1}) และสิ่งทดลองที่มีค่าน้อยที่สุดคือสิ่งทดลองที่ 20 (7.20 g kg^{-1}) ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ กับสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 (7.30 และ 7.40 g kg^{-1} ตามลำดับ)

ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในข้าวโพดหวานได้เพิ่มขึ้นตามระดับกากตะกอนของเสียที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการใส่กากตะกอนของเสียเพิ่มขึ้นเป็นการเพิ่มไนโตรเจนในดินให้แก่พืช ซึ่งจากการศึกษาของ เฉลิมพล และ วีระชัย (2539) ถึงอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตของข้าวบาร์เลย์ (พันธุ์ บรบ.2) พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราที่สูงกว่า 10 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ไม่ได้ทำให้ผลผลิตของข้าวบาร์เลย์สูงขึ้น แสดงว่าพืชอาจได้รับธาตุไนโตรเจนในระดับที่เพียงพอ และเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในใบพืชพบว่า เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในใบพืชจะสูงขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น (อัตราปุ๋ยไนโตรเจนเป็น 0, 10, 20 และ 40 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในใบพืช เป็น 2.59, 3.10, 3.15 และ 3.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อีกทั้งจากการศึกษาของ Kelling และคณะ (1977) ทดลองใช้กากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศที่เป็นของเหลว โดยนำมาจากโรงบำบัดของเสีย Janesville ทดลองปลูกข้าวไรย์ และ ข้าวฟ่าง ในดิน 2 ชนิดคือ Arlington และ Janesville พบว่า ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในเนื้อเยื่อของพืชทั้ง 2 ชนิดที่ปลูกในดิน Janesville จะเพิ่มขึ้นตามระดับของกากตะกอนที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม สิ่งทดลองที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศมีค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในข้าวโพดมากกว่าสิ่งทดลองที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ เพราะจากการวิเคราะห์ไนโตรเจน พบว่า ไนโตรเจนในกากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ (23.40 g kg^{-1}) มีมากกว่าในกากตะกอนของเสียแบบใช้อากาศ (19.90 g kg^{-1}) และความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนเฉลี่ยในสิ่งทดลองที่ผสมแกลบเผามีค่ามากกว่าสิ่งทดลองที่ผสมขุยมะพร้าว เนื่องจากในขุยมะพร้าวมี C/N ratio (74) และ ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (24.34 cmol kg^{-1}) สูงกว่าแกลบเผาซึ่งมี C/N ratio (12) ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (5.07 cmol kg^{-1}) (ตารางที่ 7) ดังนั้นทำให้มีการใช้ไนโตรเจนในการย่อยสลายของจุลินทรีย์ดิน เป็นสาเหตุให้สิ่งทดลองที่ผสมขุยมะพร้าวมีไนโตรเจนในข้าวโพดหวานน้อยกว่ากลุ่มที่ผสมแกลบเผา และจากการศึกษาของ Tester และคณะ (1981) ใช้กากตะกอนของเสียชุมชนที่ย่อยสลายแล้วผสมกับดิน Evesboro loamy sand และ Fauquier silt loam ปลูก Tall fescue ในเรือนกระจก พบว่า C/N ratio และ ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ

บวกของดิน ในดินผสมนั้นมีผลต่อความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนใน Tall fescue โดยในดินผสมที่มี C/N ratio และ ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินสูง ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในพืชต่ำกว่าดินผสมที่มี C/N ratio และ ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินต่ำ เป็นที่สังเกตว่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบข้าวโพดจะมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับอัตราการเจริญเติบโต (ความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง) ซึ่งการเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวอาจจะเกิดจากข้อสันนิษฐานที่จะกล่าวละเอียดในหัวข้อต่อไป

3.4.2 ฟอสฟอรัส

จากผลการทดลองในตารางที่ 22 พบว่า สิ่งทดลองที่ 7 มีค่ามากที่สุด และสิ่งทดลองที่มีค่าน้อยที่สุดคือสิ่งทดลองที่ 1 และ 2 และจากการสังเกตถึงชนิดของกากตะกอนของเสียและชนิดวัสดุปลูกพบว่า ฟอสฟอรัสในข้าวโพดหวานจะให้ผลตรงข้ามกับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน เนื่องจากการวิเคราะห์กากตะกอนของเสียนั้นกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศมีฟอสฟอรัสสูงกว่ากากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ เป็น 3,081.89 และ 2,834.43 mg kg^{-1}ตามลำดับ ทำให้ในสิ่งทดลองที่ใส่กากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศมีฟอสฟอรัสในข้าวโพดหวานสูงกว่าสิ่งทดลองที่ใส่กากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ และจากการศึกษาพบว่า การผสมกากตะกอนของเสียทั้ง 2 ชนิดในระดับที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้ในข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นด้วย Kelling และคณะ (1977) ทดลองใช้กากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศที่เป็นของเหลว โดยนำมาจากโรงบำบัดของเสีย Janesville ทดลองปลูกข้าวไรย์ และข้าวฟ่าง ในดิน 2 ชนิดคือ Arlington และ Janesville พบว่า ปริมาณกากตะกอนของเสียที่เพิ่มขึ้นทำให้ความเข้มข้นของธาตุธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อพืชเพิ่มขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม ในส่วนของวัสดุปลูกนั้นสิ่งทดลองที่ผสมขุยมะพร้าว มีฟอสฟอรัสในข้าวโพดหวานสูงกว่าสิ่งทดลองที่ผสมแกลบเผา เนื่องจากฟอสฟอรัสในขุยมะพร้าวจากการวิเคราะห์สูงกว่าในแกลบเผา เป็นที่น่าสังเกตว่าการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานลดลง ส่วนความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในข้าวโพดหวานนั้นเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มระดับกากตะกอนของเสีย ซึ่งเป็นลักษณะเช่นเดียวกันกับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้นั้นอาจเกิดจากสาเหตุดังต่อไปนี้

1. ความเค็มของดินที่เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณกากตะกอนของเสียนั้นอาจจำกัดการเจริญเติบโตของพืชเนื่องมาจากการเกิดปรากฏการณ์ reverse osmosis แต่ข้อสมมุติฐานนี้ก็จะประสบกับปัญหาที่ว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบสิ่งทดลองที่ 4 กับสิ่งทดลองที่ 12 สิ่งทดลองทั้ง 2 มีเปอร์เซ็นต์กากตะกอนของเสียแบบใช้อากาศเท่ากัน (1 เปอร์เซ็นต์) แต่ต่างกันที่วัสดุปลูกเท่านั้น ผลจากการทดลองพบว่า สิ่งทดลองที่ 12 มีค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าสิ่งทดลองที่

4 (ตารางที่ 15) แต่ปรากฏว่าข้าวโพดหวานในสิ่งทดลองที่ 4 มีการเจริญเติบโตดีกว่าสิ่งทดลองที่ 12 (ตารางที่ 21) ในทำนองเดียวกันกับสิ่งทดลองที่ 5 กับสิ่งทดลองที่ 13 ซึ่งแสดงว่าค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินหากมีค่าไม่สูงเกินไปจนจำกัดการเจริญเติบโตของพืช ก็แสดงว่าค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสไม่ใช่เป็นปัจจัยเดียวที่ควบคุมการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

2. ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน เมื่อทำการเปรียบเทียบสิ่งทดลองที่ 4 กับสิ่งทดลองที่ 12 และ สิ่งทดลองที่ 5 กับสิ่งทดลองที่ 13 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในสิ่งทดลองที่ 12 และ สิ่งทดลองที่ 13 มีค่าใกล้เคียงกับ 7 มากกว่า สิ่งทดลองที่ 4 และสิ่งทดลองที่ 5 (ตารางที่ 15) แต่ปรากฏว่า การเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานในสิ่งทดลองที่ 4 สูงกว่า สิ่งทดลองที่ 12 และ สิ่งทดลองที่ 5 สูงกว่าสิ่งทดลองที่ 13 ดังนั้น ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินจึงไม่ใช่เป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

3.4.3 โพแทสเซียม

ผลการศึกษาในตารางที่ 22 พบว่า โพแทสเซียมในข้าวโพดหวานที่ปลูกในสิ่งทดลองที่ 15 มีค่ามากที่สุด และสิ่งทดลองที่น้อยที่สุดคือ สิ่งทดลองที่ 1 และแนวโน้มของความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมสูงขึ้นตามระดับกากตะกอนของเสียที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าจากการศึกษาน้ำหนักสดของข้าวโพดหวานพบว่า สิ่งทดลองที่ 4 และ 8 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดมากที่สุด แต่เมื่อศึกษาถึงความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในข้าวโพดหวานสิ่งทดลองที่มีค่ามากที่สุดคือสิ่งทดลองที่ 15 จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นของธาตุสูงในข้าวโพดหวานไม่ได้ทำให้การเจริญเติบโตดีขึ้น ดังนั้นความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้ไม่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับค่าความสูงเฉลี่ยแต่อย่างใด

ดังนั้นเมื่อความเข้มข้นของธาตุของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานลดลง ซึ่งอาจเกิดจากความไม่สมดุลของธาตุอาหาร (imbalance plant nutrient) ในดินเนื่องจากกากตะกอนของเสียมีความเข้มข้นของธาตุโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารรองเป็นปริมาณมาก ดังนั้นธาตุดังกล่าวจึงค่อย ๆ แข่งขันกับธาตุตัวอื่น เช่นโพแทสเซียมซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักในการเข้าถึงรากพืช ทำให้รากพืชสามารถดูดธาตุโพแทสเซียมได้น้อยลง อภิรดี (2537) รายงานว่า การเพิ่มธาตุใดลงไปในดินในสัดส่วนที่แตกต่างกันมากเกินไปทำให้อีกธาตุหนึ่งขาดหรือไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช จึงอาจเป็นการลดการเจริญเติบโตของพืชได้ สำหรับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่มีอยู่มาก เช่นในสิ่งทดลองที่ 15 นั้นเป็นความเข้มข้นที่พืชดูดเข้ามาสะสมโดยไม่ได้ใช้ในการเจริญเติบโต

อาจจะเนื่องจากมีปัจจัยอื่นจำกัดอยู่ ดังนั้นเนื่องจากธาตุอาหารพืชแต่ละธาตุมีหน้าที่เฉพาะเจาะจง หากพืชได้รับไม่เพียงพอหรือมากเกินไปก็มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตพืช และความเข้มข้นของธาตุในเนื้อเยื่อพืชจะเพิ่มขึ้นตามอัตราของปุ๋ยหรือธาตุอาหารที่ใส่ลงไป (เฉลิมพล, 2542)

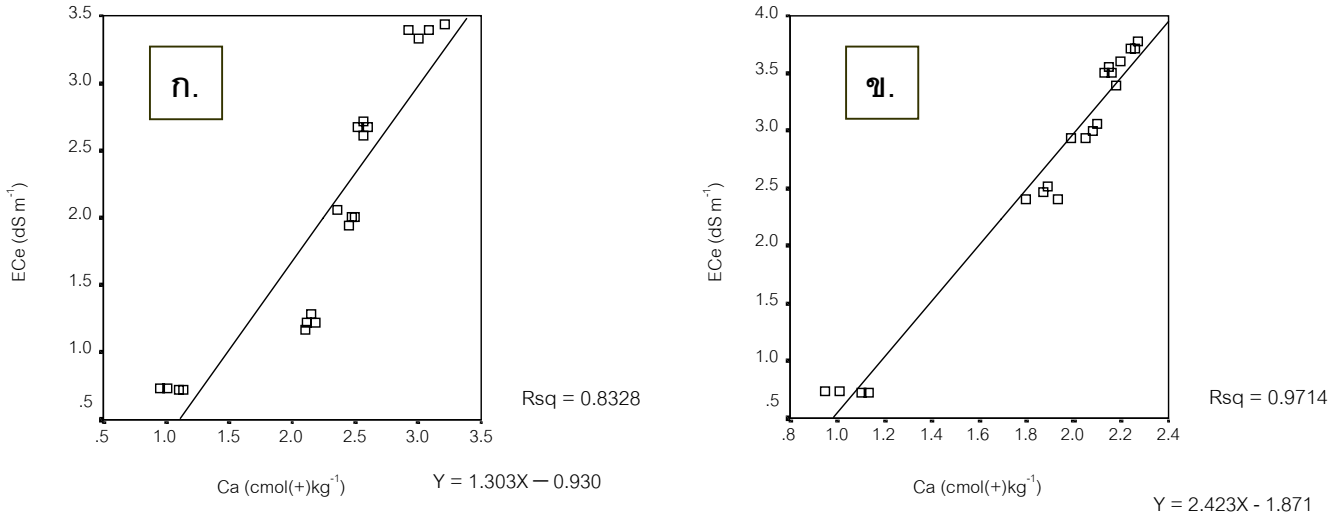
3.5 ความสัมพันธ์สมบัติทางเคมีของสิ่งทดลองต่าง ๆ

3.5.1 ความสัมพันธ์ของดินผสมในสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมขุยมะพร้าว

ค่าความชันของสมการนั้นจะศึกษาที่ระดับนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยจากการศึกษาพบว่า สมบัติทางเคมีบางประการของดินผสมมีความสัมพันธ์กัน ดังนี้

3.5.1.1 ความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ กับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินผสม

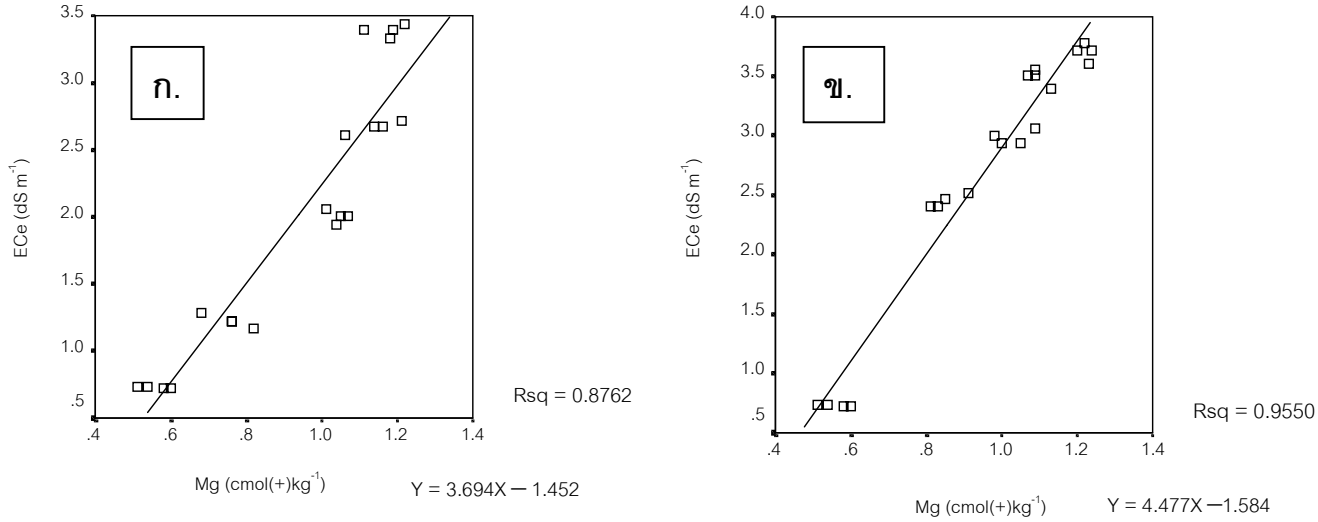
ในดินผสมก่อนปลูกของสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียทั้งชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้กับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสพบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสโดยมีค่า r^2 = 0.8328 และ r^2 = 0.9714 ของกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ (ภาพที่ 7) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เป็นเกลือที่ละลายน้ำได้ดีตัวหนึ่งซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสที่วัดได้ และจากการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงในกากตะกอนของเสีย คือมีประมาณ 23.00 cmol(+) kg^{-1} ในกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ และประมาณ 17.50 cmol(+) kg^{-1} ในกากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ (ตารางที่ 7) ดังนั้นเมื่อพบความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงทำให้ค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินมีค่าสูงด้วย



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ กับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินผสมกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ (ก) และชนิดไม่ใช้อากาศ (ข)

3.5.1.2 ความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ กับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินผสม

ในดินผสมก่อนปลูกของสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียทั้งชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ของ ความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ กับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสพบว่า ความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสโดยมีค่า r^2 = 0.8762 และ r^2 = 0.9550 ของกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ (ภาพที่ 8) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เป็นเกลือที่ละลายน้ำได้ดีตัวหนึ่งซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสที่วัดได้ และจากการศึกษาพบความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงในกากตะกอนของเสีย คือมีประมาณ 9.44 cmol(+) kg^{-1} ในกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ และประมาณ 15.73 cmol(+) kg^{-1} ในกากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ (ตารางที่ 7) ดังนั้นเมื่อพบความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงทำให้ค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินมีค่าสูงด้วย



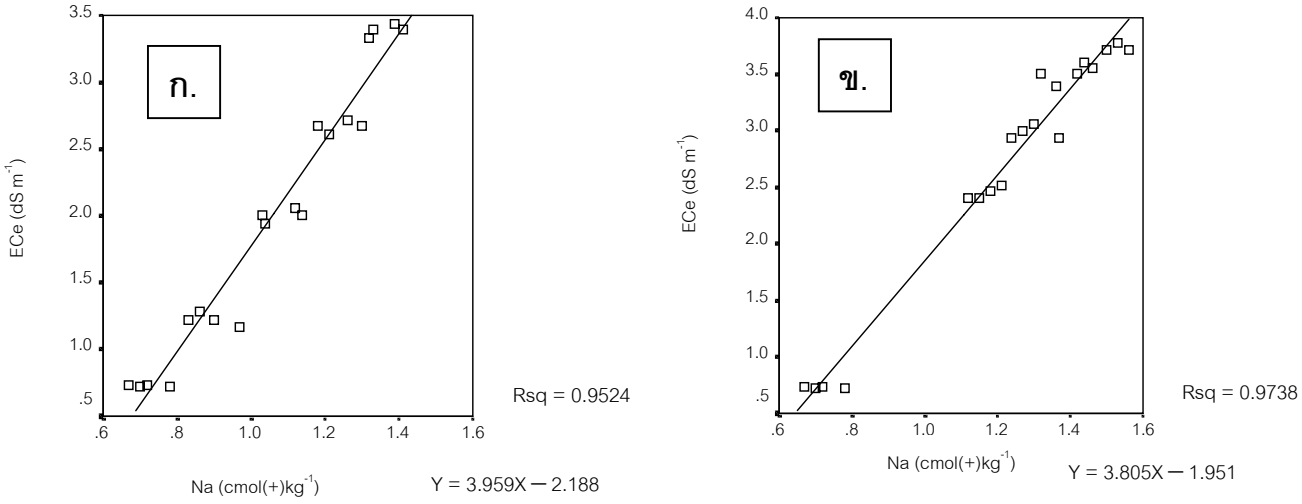
ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ กับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินผสมกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ (ก) และชนิดไม่ใช้อากาศ (ข)

3.5.1.3 ความเข้มข้นของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ กับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินผสม

ในดินผสมก่อนปลูกของสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียทั้งชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้กับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสพบว่า ความเข้มข้นของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสโดยมีค่า r^2 = 0.9524 และ r^2 = 0.9738 ของกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ (ภาพที่ 9) ซึ่งสาเหตุความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ กับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสเนื่องจากโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้เป็นเกลือที่ละลายน้ำได้ดีตัวหนึ่ง และจากการศึกษาพบความเข้มข้นของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงในกากตะกอนของเสีย คือมีประมาณ 16.00 cmol(+) kg^{-1} ในกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ และประมาณ 21.35 cmol(+) kg^{-1} ในกากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ (ตารางที่ 7) ซึ่งอาจจะเป็นเพราะกากตะกอนของเสียดังกล่าวนั้นเป็นกากตะกอนของเสียที่ได้จากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล ดังนั้นจากการศึกษาความ

สัมพันธ์จึงพบว่า เมื่อความเข้มข้นของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงทำให้ค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินมีค่าสูงด้วย

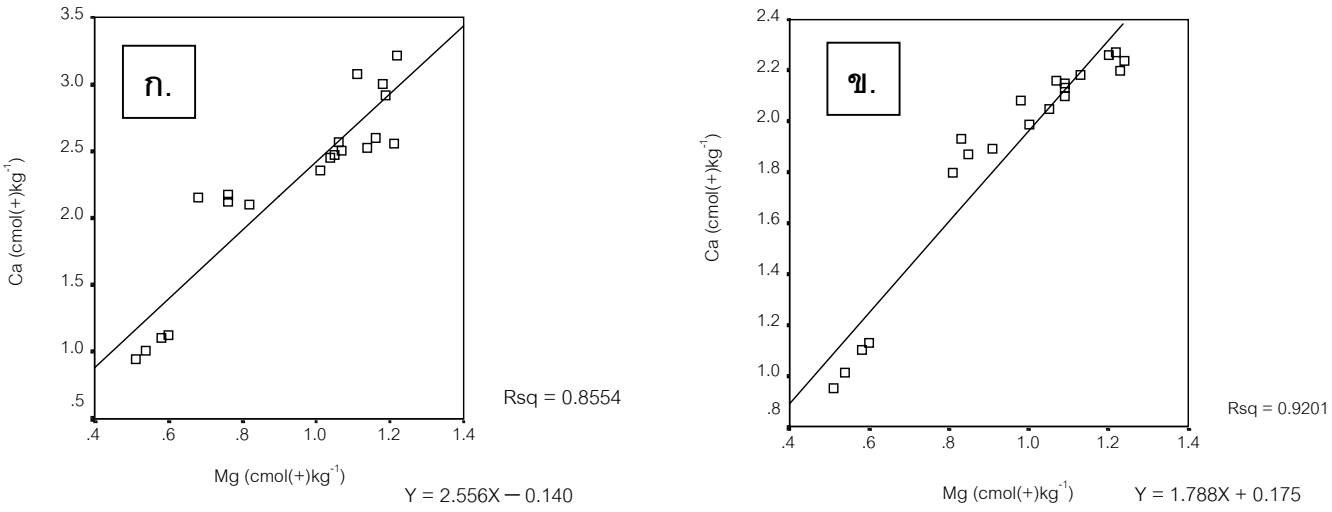
ความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างความเข้มข้นของแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม กับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสในข้อ 3.5.1.1, 3.5.1.2 และ 3.5.1.3 สามารถสรุปได้ว่าค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินผสมถูกควบคุมโดยความเข้มข้นของของ แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่มีอยู่ในกากตะกอนของเสียทั้งชนิดใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ กับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินผสมที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ (ก) และชนิดไม่ใช้อากาศ (ข)

3.5.1.4 ความเข้มข้นของแมกนีเซียม กับความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

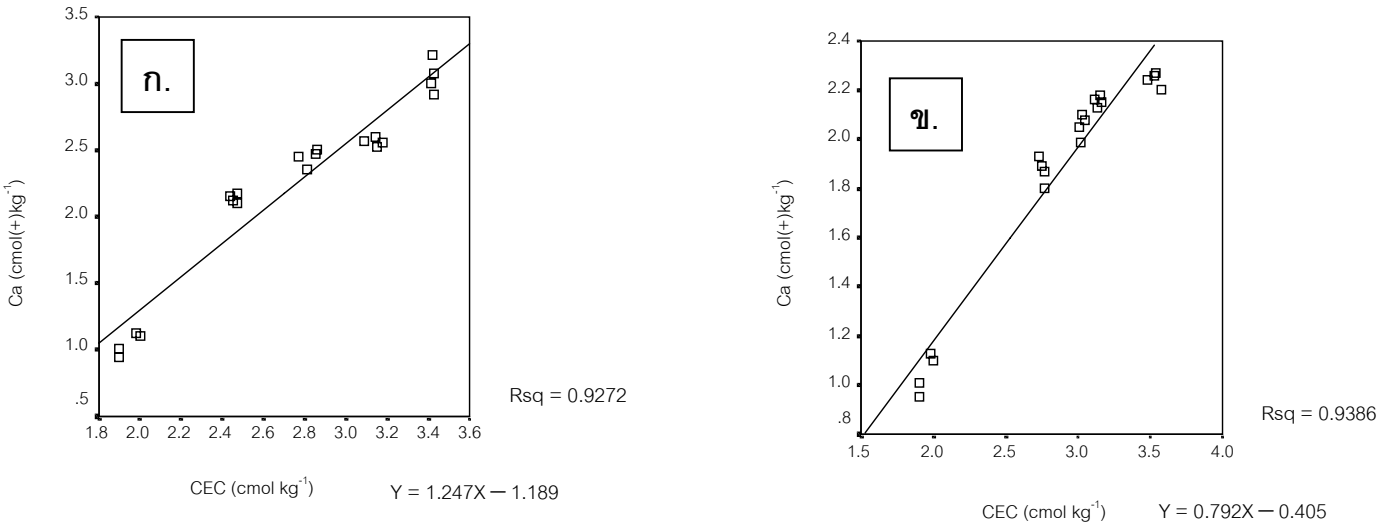
ในดินผสมก่อนปลูกของสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียทั้งชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ กับความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่า ความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยมีค่า r^2 = 0.8554 และ r^2 = 0.9201 ของกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ (ภาพที่ 10) โดยปกติในดินจะมีแมกนีเซียมน้อยกว่าแคลเซียม แต่ธาตุทั้ง 2 มักจะเกิดอยู่ในธรรมชาติร่วมกัน ถ้าดินมีแมกนีเซียมอยู่สูงก็มักจะมีแคลเซียมสูงด้วย (อภิรดี, 2537)



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแมกนีเซียม กับ ความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้กลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ (ก) และชนิดไม่ใช้อากาศ (ข)

3.5.1.5 ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินกับความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

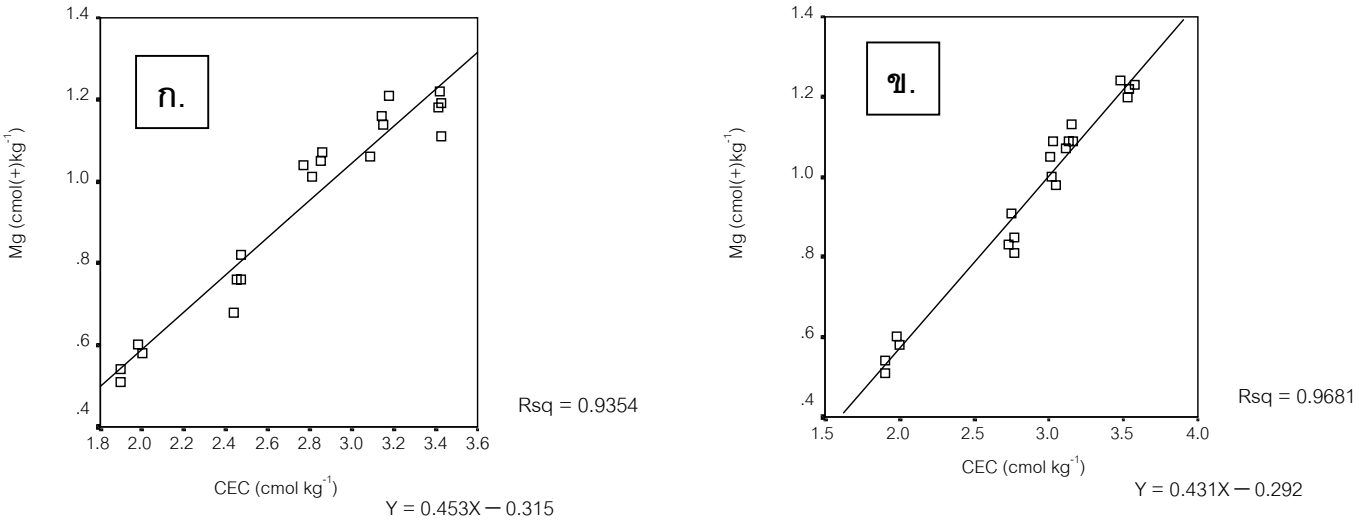
ในดินผสมก่อนปลูกสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียทั้งชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ของ ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินกับความเข้มข้นของแคลเซียม พบว่าค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยมีค่า r^2 = 0.9272 และ r^2 = 0.9386 ของกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ (ภาพที่ 11) ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินสูงก็สามารถดูดซับธาตุอาหารประจุบวกได้สูงด้วย โดยเฉพาะแคลเซียมซึ่งเป็นธาตุอาหารพืชที่มีประจุบวก (อภิรดี, 2534) และมีความเข้มข้นสูงในกากตะกอนของเสียทั้ง 2 ชนิดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ดังนั้นค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินที่มีค่าเพิ่มขึ้นอาจจะมีแนวโน้มให้ค่าแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นด้วย



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินกับความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้กลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ (ก) และชนิดไม่ใช้อากาศ (ข)

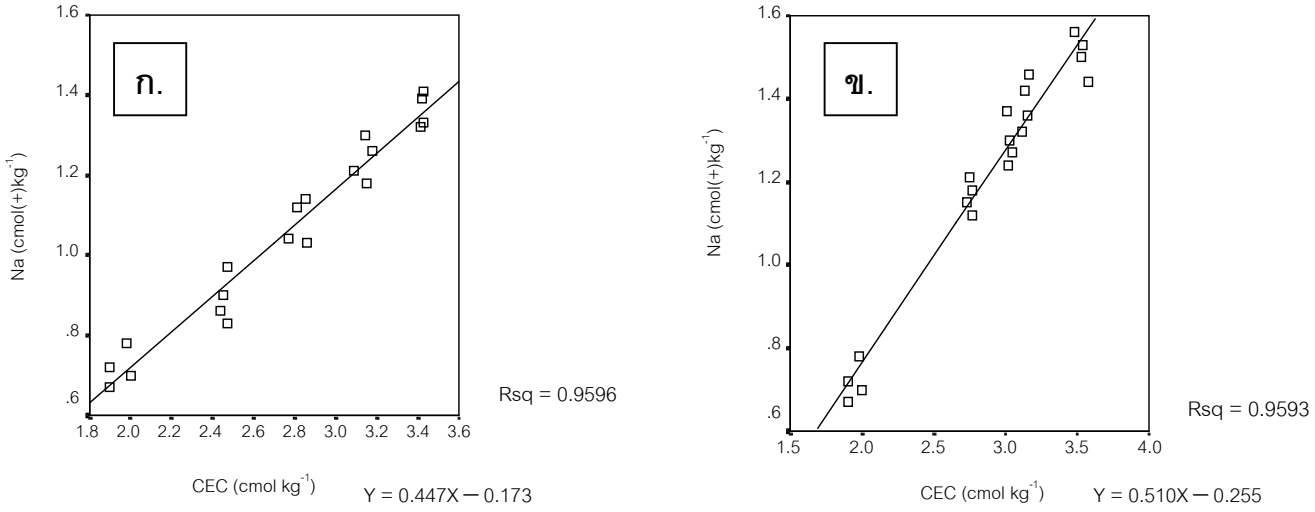
3.5.1.6 ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินกับความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ในดินผสมก่อนปลูกของสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียทั้งชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ของ ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินกับความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่า ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยมีค่า r^2 = 0.9354 และ r^2 = 0.9681 ของกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ (ภาพที่ 12) ซึ่งสาเหตุความสัมพันธ์ของค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินกับแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีลักษณะเช่นเดียวกับความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินกับ ความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เนื่องจากแมกนีเซียมเป็นธาตุอาหารที่มีประจุบวกและมีความเข้มข้นสูงในกากตะกอนของเสียทั้ง 2 ชนิด



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินกับความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้กลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ (ก) และชนิดไม่ใช้อากาศ (ข)

3.5.1.7 ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินกับความเข้มข้นของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินผสมก่อนปลูกของสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียทั้งชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ของค่าการนำไฟฟ้ากับความเข้มข้นของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่าค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเข้มข้นของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยมีค่า r^2 = 0.9596 และ r^2 = 0.9593 ของกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ (ภาพที่ 13) ซึ่งสาเหตุความสัมพันธ์ของค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินกับโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มีลักษณะเช่นเดียวกับความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินกับความเข้มข้นของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ เนื่องจากโซเดียมเป็นธาตุอาหารที่มีประจุบวกและมีความเข้มข้นสูงในกากตะกอนของเสียทั้ง 2 ชนิด



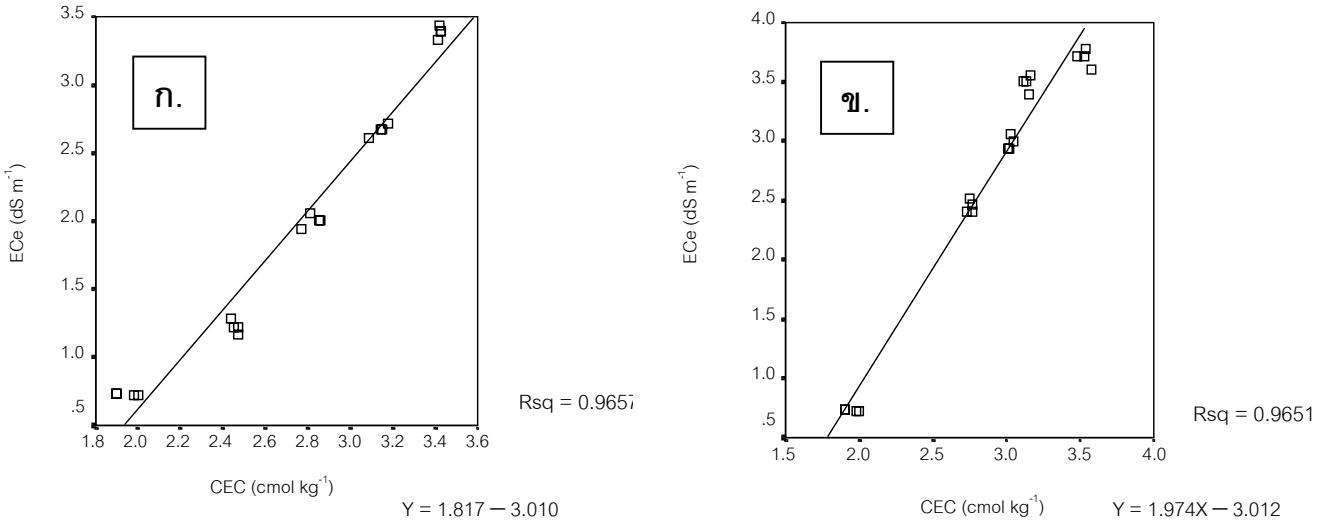
ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินกับความเข้มข้นของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้กลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ (ก) และชนิดไม่ใช้อากาศ (ข)

3.5.1.8 ค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินกับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินผสม

ในดินผสมก่อนปลูกของสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียทั้งชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ของค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินกับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสพบว่า ค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสโดยมีค่า r^2 = 0.9657 และ r^2 = 0.9651 ของกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ (ภาพที่ 14) ซึ่งสาเหตุความสัมพันธ์ของค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินกับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสกากตะกอนของเสียทั้ง 2 ชนิดมีความเข้มข้นมากกว่าความสามารถของดินที่จะดูดยึดประจุบวกไว้ได้ (มีปริมาณเกลือที่เป็นประจุบวกมากเกินกว่าค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดิน)

ความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างความเข้มข้นของแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสกับค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินสามารถสรุปได้ว่าค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินผสมถูกควบคุมโดยความเข้มข้น

ของ แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสที่มีอยู่ในกากตะกอนของเสียทั้งชนิดใช้อากาศและไม่ใช้อากาศ



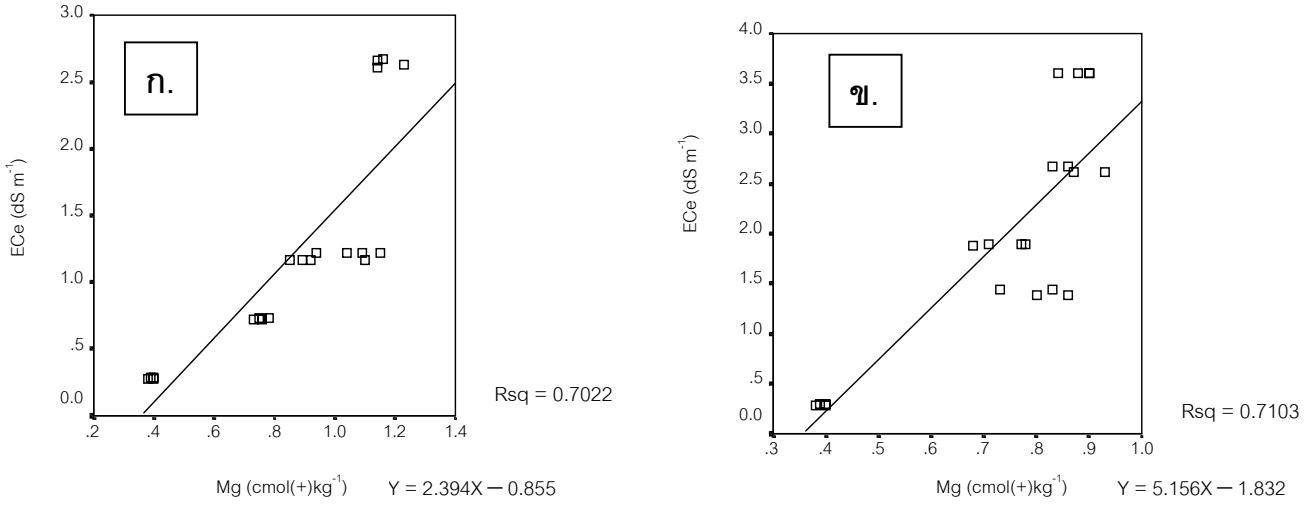
ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินกับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินผสมกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ (ก) และชนิดไม่ใช้อากาศ (ข)

3.5.2 ความสัมพันธ์ของดินผสมในสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมแกลบเผา

ซึ่งค่าความชันของสมการนั้นจะศึกษาที่ระดับนัยสำคัญ $P<0.05$ โดยจากการศึกษาพบว่า สมบัติทางเคมีบางประการของดินผสมมีความสัมพันธ์กัน ดังนี้

3.5.2.1 ความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ กับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินผสม

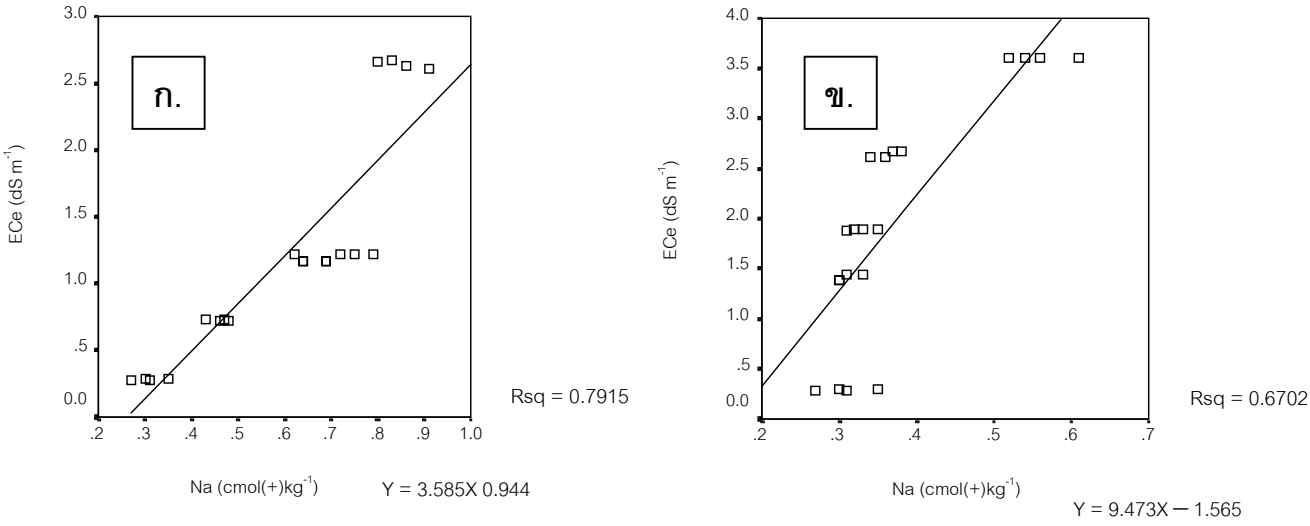
ในดินผสมก่อนปลูกของสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียทั้งชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ ความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ กับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสพบว่า ความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสโดยมีค่า $r^2 = 0.7022$ และ $r^2 = 0.7103$ ของกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ (ภาพที่ 15) ซึ่งรายละเอียดความสัมพันธ์นั้นได้อธิบายแล้วใน 3.5.1.2



ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ กับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินผสมกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ (ก) และชนิดไม่ใช้อากาศ (ข)

3.5.2.2 ความเข้มข้นของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ กับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินผสม

ในดินผสมก่อนปลูกของสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียทั้งชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ กับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส พบว่าความเข้มข้นของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้นั้นมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียส โดยมีค่า r^2 = 0.7915 และ r^2 = 0.6702 ของกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ (ภาพที่ 16) สาเหตุความสัมพันธ์ได้อธิบายแล้วใน 3.5.1.3



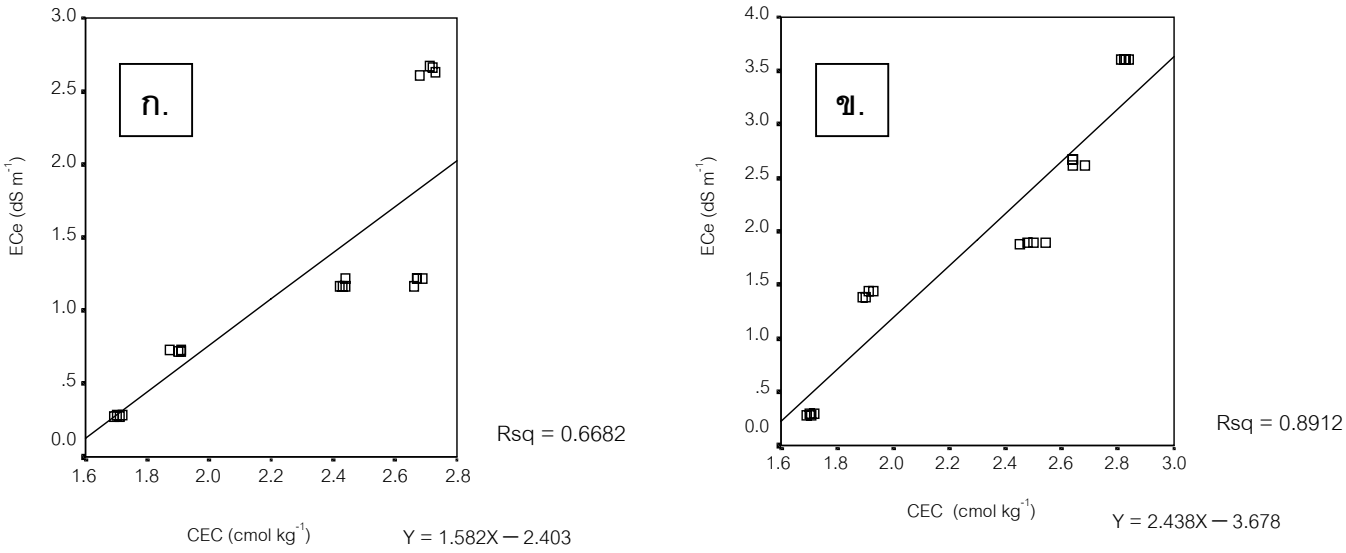
ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ กับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินผสมกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ (ก) และชนิดไม่ใช้อากาศ (ข)

3.5.2.3 ค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินกับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินผสม

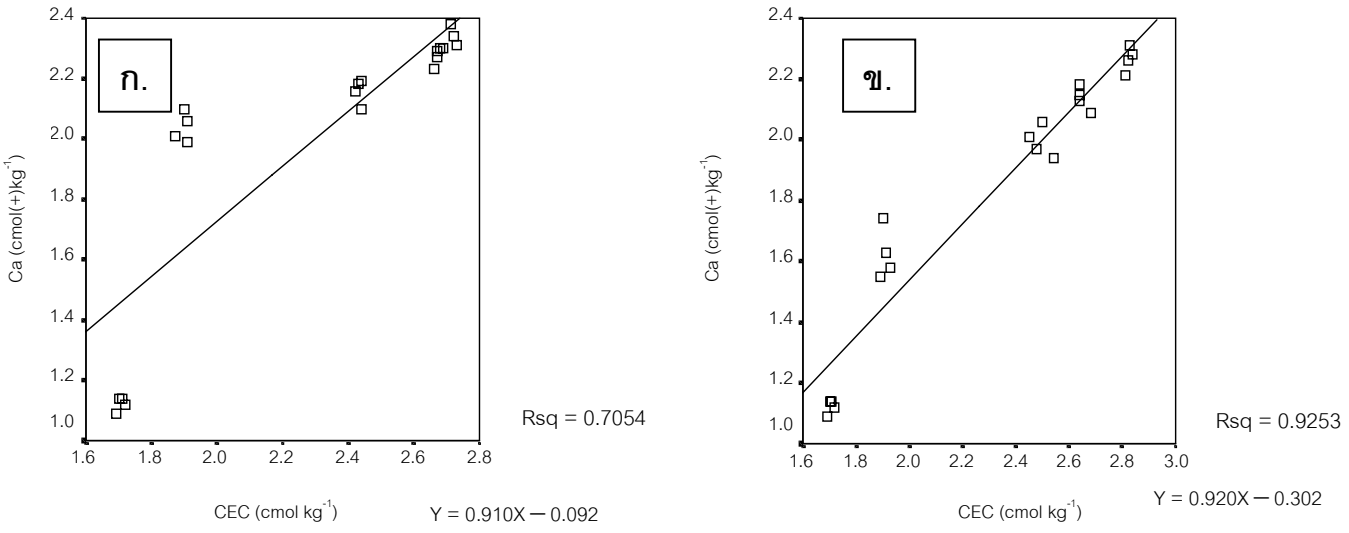
ในดินผสมก่อนปลูกของสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียทั้งชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ ความสัมพันธ์ของค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินกับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสพบว่า ค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสโดยมีค่า r^2 = 0.6682 และ r^2 = 0.8912 ของกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ (ภาพที่ 17) สาเหตุความสัมพันธ์อธิบายไว้ใน 3.5.1.8

3.5.2.4 ค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินกับ ความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ในดินผสมก่อนปลูก พบว่า ค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยมีค่า r^2 = 0.7054 และ r^2 = 0.9253 ของกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ (ภาพที่ 18) สาเหตุความสัมพันธ์ได้อธิบายแล้วใน 3.5.1.5



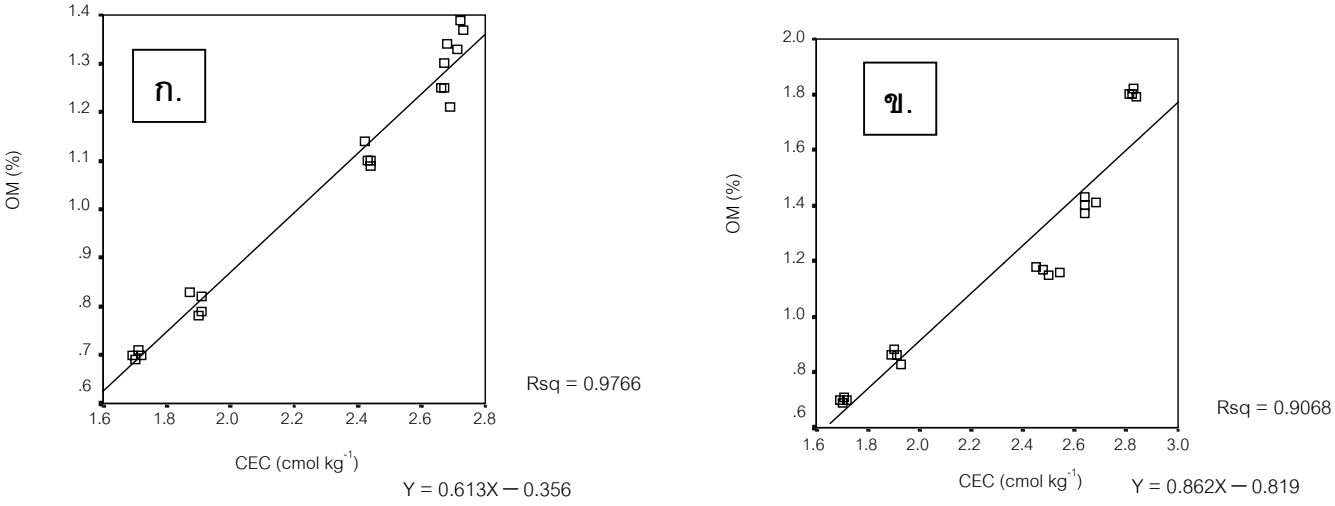
ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างคาความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินกับค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินผสมกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ (ก) และชนิดไม่ใช้อากาศ (ข)



ภาพที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินกับ ความเข้มข้นของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้กลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ (ก) และชนิดไม่ใช้อากาศ (ข)

3.5.2.5 ค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดิน กับอินทรียวัตถุ

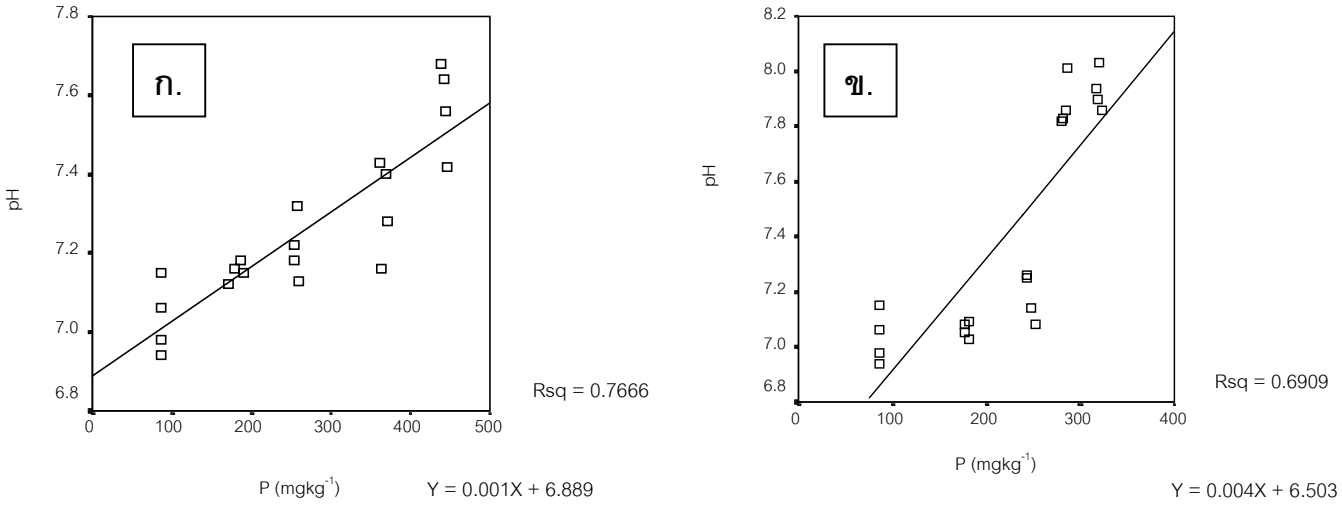
จากการศึกษาพบว่า ค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอินทรียวัตถุในดินผสมโดยมีค่า r^2 = 0.9766 และ r^2 = 0.9068 ของกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ (ภาพที่ 19) เนื่องจากกากตะกอนของเสียทั้ง 2 ชนิดเป็นแหล่งของปุ๋ยอินทรีย์และเป็นแหล่งของอินทรียวัตถุ คือมีประมาณ 356.00 g kg^{-1} ในกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ และประมาณ 423.70 g kg^{-1} ในกากตะกอนของเสียชนิดไม่ใช้อากาศ (ตารางที่ 7) ซึ่งมีความสำคัญคือ นอกจากเป็นแหล่งของธาตุอาหารพืชแล้ว ยังช่วยดูดซับประจุบวกต่าง ๆ ด้วย โดยประจุบวกจะถูกดูดซับโดยประจุลบที่เกิดจากกลุ่ม carboxylic และ phenolic ของกรดฮิวมิกซึ่งได้จากการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ (จำเป็น, 2539) สอดคล้องกับ ยงยุทธ (2543) ซึ่งรายงานว่า ค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินที่วิเคราะห์ได้สูงแสดงว่าดินมีอินทรียวัตถุสูงด้วย สุรชาติ (2531) ศึกษาในดินนา พบว่า ค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินมีความสัมพันธ์กับอินทรียวัตถุในดินอย่างมีนัยสำคัญ และเชื่อว่าประมาณ 25-90 เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินทั้งหมดในดินเกิดจากอินทรียวัตถุ



ภาพที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินกับอินทรียวัตถุในดินผสมกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ (ก) และชนิดไม่ใช้อากาศ (ข)

3.5.2.6 ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสกับค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดินผสม

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดินผสมโดยมีค่า r^2 = 0.7666 และ r^2 = 0.6909 ของกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศ (ภาพที่ 20) จากการศึกษาสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมแกลบเผานั้นมีค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงกว่าสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมขุยมะพร้าว เป็น 4.29 และ 8.26 ตามลำดับ ดังนั้นในสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมแกลบเผา ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้จึงมีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน เนื่องจากในช่วงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเป็น 6-7 ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะมีมากที่สุด เมื่อเพิ่มค่าความเป็นกรดเป็นด่างหรือเพิ่มความเป็นด่าง เหล็กฟอสเฟตหรืออะลูมินัมฟอสเฟตสามารถปลดปล่อยไอออนฟอสเฟตออกมาสู่ดินได้ในขณะที่เหล็กหรืออะลูมินัมยังคงสภาพเป็นสารที่ไม่ละลายในรูปไฮดรอกไซด์ (hydroxide) อยู่ในดิน (ยงยุทธ และคณะ, 2541)

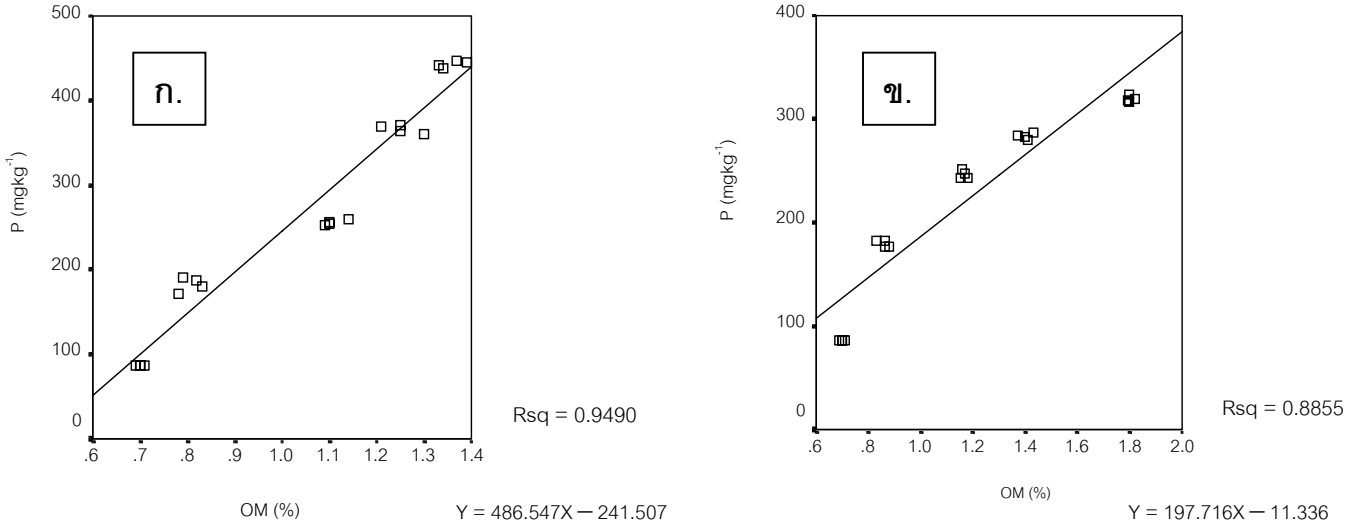


ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฟอสฟอรัส กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดินผสมกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ (ก) และชนิดไม่ใช้อากาศ (ข)

3.5.2.7 อินทรียวัตถุกับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในดินผสม

ในดินผสมก่อนปลูกสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียทั้งชนิดใช้อากาศและชนิดไม่ใช้อากาศพบว่า ความเข้มข้นของ อินทรียวัตถุมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับฟอสฟอรัสในดินผสมโดยมีค่า r^2 = 0.9490 และ r^2 = 0.8855 ของกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ

และชนิดไม่ใช้อากาศ (ภาพที่ 21) ซึ่งแสดงว่าเมื่อในดินผสมวิเคราะห์อินทรียวัตถุได้สูงขึ้นจะพบว่าค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในดินผสมนั้นก็จะสูงขึ้นด้วย ซึ่งฟอสเฟตในดินสามารถแบ่งเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คืออินทรีย์ฟอสเฟตกับอนินทรีย์ฟอสเฟต ซึ่งพวกอินทรีย์ฟอสเฟตจะมีความเข้มข้นมากหรือน้อยตามความเข้มข้นของอินทรียวัตถุในดิน (ยงยุทธ และคณะ, 2541) และจากการรายงานของวิเชียร (2537) พบว่า การเพิ่มอินทรียวัตถุไปในดิน โดยการใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยอินทรีย์อื่น ๆ ในดินจะทำให้พืชที่ปลูกในฤดูกาลถัดไปสามารถใช้ฟอสฟอรัสให้เป็นประโยชน์ได้มากยิ่งขึ้น เนื่องจาก



ภาพที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างอินทรียวัตถุกับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในดินผสมกลุ่มที่ผสมกากตะกอนของเสียชนิดใช้อากาศ (ก) และชนิดไม่ใช้อากาศ (ข)

- การเพิ่มปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดิน การสลายตัวของอินทรียวัตถุที่ใส่ลงไปในดินโดยกิจกรรมจุลินทรีย์ดินจะมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาในปริมาณที่มากพอ ก๊าซนี้จะละลายกับน้ำเกิดกรดคาร์บอนิคที่ช่วยในการสลายตัวของแร่หลายชนิดในดินโดยกระบวนการทางเคมี สำหรับดินที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเป็นกลางถึงเป็นด่างจะพบว่าคาร์บอนไดออกไซด์ดังกล่าวจะทำหน้าที่สำคัญในการเพิ่มระดับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส (วิเชียร, 2537) โดยในการศึกษาครั้งนี้จะพบความสัมพันธ์ของอินทรียวัตถุกับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสได้ชัดเจนในสิ่งทดลองกลุ่มที่ผสมแกลบเผา เนื่องจากในสิ่งทดลองดังกล่าวนั้นดินผสมมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างค่อนข้างสูง

- สารประกอบเชิงซ้อนบางชนิดที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากอินทรียสารในกระบวนการสลายตัว เช่น สารประกอบเชิงซ้อนที่มีชื่อว่า phosphohumic ซึ่งเชื่อกันว่าพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย (วิเชียร, 2537)

- การเกิดกรดอินทรีย์ จากประจุลบอินทรีย์ที่ไปรวมตัวกับเหล็กและอลูมิเนียมเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนถาวรในดิน จึงเป็นการลดการตรึงฟอสฟอรัสอันเกิดเนื่องจากเหล็กและอะลูมิเนียม และยังไปช่วยในการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เดิมถูกตรึงไว้โดยเหล็กและอะลูมิเนียมออกมาอีกด้วย (วิเชียร, 2537)

โดยทั่วไปแล้วพบว่าเมื่อค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสของดินเพิ่มขึ้นธาตุอาหารพืชก็มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุอาหารพืชที่เป็นเกลือที่ละลายได้ ชนิดของเกลือที่ละลายได้ในดินส่วนใหญ่เป็นเกลือคลอไรด์และซัลเฟตของโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เนื่องจากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของเกลือที่ละลายน้ำได้ทำได้ยากและเสียเวลามาก ดังนั้นจึงนิยมใช้ค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสเป็นตัวบอกความเข้มข้นของเกลือแทน โดยที่ถ้าพบเกลือที่ละลายได้ดังกล่าวอยู่ความเข้มข้นสูงค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสที่ได้จะมีค่าสูงตามไปด้วย (คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์, 2539) และจากการศึกษาครั้งนี้ ดินผสมที่ผสมขุยมะพร้าวและผสมแกลบเผาพบว่า ค่าการนำไฟฟ้าที่สารละลายอิ่มตัวที่ 25 องศาเซลเซียสมีความสัมพันธ์เชิงบวกเป็นอย่างมากกับธาตุอาหารพืชในดินผสมโดยเฉพาะโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารรอง แต่มีความสัมพันธ์เชิงบวกเพียงเล็กน้อยกับ โพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักของพืช ดังนั้นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของธาตุอาหารทำให้พบว่า อาจเกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารหลักของพืชบางธาตุ เช่นโพแทสเซียมได้ เนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณกากตะกอนของเสีย โซเดียมซึ่งมีอยู่เป็นปริมาณมากในกากตะกอนของเสียก็เกิดการแข่งขันกับธาตุตัวอื่นในการเข้าถึงราก ทำให้พืชดูดธาตุอาหารตัวอื่นได้น้อยลง

โดยสรุปแล้วค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินจากการศึกษามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชที่มีประจุบวกในดิน เนื่องจากค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินเป็นค่าที่สามารถบอกถึงความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดิน สุขุม (2533) รายงานว่าค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินมีความสัมพันธ์กับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารประจุบวกในดิน ดังนั้นดินที่มีค่าความสามารถในการดูดซับประจุบวกของดินสูงก็จะมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูง